

# Interacción Humano-Computadora y Aplicaciones en México

Luis A. Castro, Marcela D. Rodríguez  
Editores



ACADEMIA MEXICANA DE COMPUTACIÓN, A, C.

Interacción Humano-Computadora y Aplicaciones en México  
Editores: Luis A. Castro, Marcela D. Rodríguez .

En colaboración con la Academia Mexicana de Computación:  
Coordinador: Luis Enrique Sucar Succar.

Segunda Edición ©2020

Academia Mexicana de Computación, A. C. (978-607-98941)

Todos los derechos reservados conforme a la ley.

ISBN: 978-607-98941-5

Corrección de estilo: Luis Enrique Sucar-Sucar.

Diseño de portada: Mario Alberto Vélez Sánchez.

Cuidado de la edición: Luis Enrique Sucar Succar.

Este libro se realizó con el apoyo del CONACyT, Proyecto I1200/28/2019.

Queda prohibida la reproducción parcial o total, directa o indirecta, del contenido de esta obra, sin contar con autorización escrita de los autores, en términos de la Ley Federal del Derecho de Autor y, en su caso, de los tratados internacionales aplicables.

Impreso en México.

## Interacción Humano-Computadora y Aplicaciones en México

Autores:

Andrade, Ángel G.

Camarillo-Abad, Héctor M.

Castro, Luis A.

Cibrian, Franceli L.

Escobedo, Lizbeth

Fajardo Flores, Silvia B.

Favela, Jesús

Florencia-Juárez, Rogelio

Flores-Sánchez, Víctor A.

García Ruiz, Miguel A.

García Vázquez, Juan Pablo

García-Canseco, Eloísa

Gaytán Lugo, Laura S.

González de Moss, Victoria

López-Orozco, Francisco

Magallanes, Yazmín

Meza-Kubo, Victoria

Morán, Alberto L.

Ramírez-Fernández, Cristina

Rodríguez Ortiz, Miguel A.

Rodríguez, Luis-Felipe

Rodríguez, Marcela D.

Sánchez, J. Alfredo  
Santana Mancilla, Pedro C.  
Tentori, Mónica  
Vera, Fernando

# Agradecimientos

Agradecemos a la Academia Mexicana de Computación, en especial a los miembros de la comunidad de Interacción Humano-Computadora que contribuyeron de forma entusiasta con el desarrollo del libro y confiaron en este trabajo. A Luis Enrique Sucar Succar por sus valiosos comentarios y sugerencias sobre este libro.

Agradecemos a la Academia Mexicana de Computación, y a la Coordinación de Ciencias de la Computación del INAOE por las facilidades otorgadas para elaborar este libro.

Y finalmente, Agradecemos al CONACyT por apoyar la creación de esta obra.



# Prólogo

La interacción humano-computadora (IHC) es un esfuerzo difícil que involucra diversos campos de estudio diferentes a la Ciencia de la Computación, tal como la Psicología y la Antropología. Diseñar sistemas informáticos interactivos que sean efectivos, eficientes, fáciles de usar y estéticamente placenteros requiere de procesos iterativos de diseño que continuamente tomen en cuenta a los potenciales usuarios y su contexto. Entender el propósito y el contexto de un sistema es clave para asignar funciones entre personas y máquinas, y para diseñar su interacción. Lo anterior, plantea la necesidad de contar con métodos para analizar las tareas, las necesidades y los comportamientos de los usuarios, lo cual es parte central del diseño de un sistema interactivo.

Este libro tiene el propósito de introducir los fundamentos teóricos y métodos que se utilizan para el diseño de la interacción humano-computadora, así como presentar un panorama de proyectos de la comunidad científica que en México contribuye a la IHC. Para lograr lo anterior, el libro cuenta con la siguiente estructura:

La primera parte del libro (Capítulo 1 al 5) plantea los orígenes y fundamentos que ayudan a comprender el alcance de la IHC como una disciplina esencial para el desarrollo de la Ciencia de la Computación. Para aumentar esta comprensión, se presentan ejemplos ilustrativos de estudios que están permitiendo

el avance y consolidación de la IHC en México. Así, el capítulo 1 introduce y define la Interacción-Humano Computadora. El Capítulo 2 describe las teorías y modelos adoptados de áreas como la Psicología y Sociología, y que se utilizan para comprender y predecir acciones del humano. El capítulo 3 describe cuáles son los modos y paradigmas de interacción, y cómo estos influyen en la toma de decisiones de diseño de bajo nivel respecto al estilo de la interaz de usuario. El Capítulo 4 explica cómo siguiendo el proceso de Diseño Centrado en el Humano, se logra entender el espacio del problema para proponer tecnología innovadora que apoye las interacciones de los humanos con la computadora de forma efectiva. El Capítulo 5 describe cómo la evaluación es una parte fundamental del DCU, que permite generalizar resultados y establecer nuevos principios de diseño, así como crear teorías del comportamiento humano con respecto a su interacción con tecnologías de información.

En la segunda parte del libro (Capítulo 6 al 11) se presentan diversos diseños interactivos para diferentes contextos de uso y aplicación. Así, el Capítulo 6 presenta el diseño y evaluación de un laboratorio viviente, el cual fue implementado como un ambiente altamente interactivo saturado de sensores, actuadores y pantallas embebidas en el espacio físico para apoyar las intervenciones terapéuticas de niños con autismo. El Capítulo 7 presenta una plataforma para apoyar y fomentar la actividad creativa, de cualquier personas, para diseñar interfaces de usuario naturales tal como aplicaciones de realidad aumentada. Por otro lado, el Capítulo 8 presenta un conjunto de estudios sobre las características de diseño que deben poseer las interfaces de usuario naturales para mejorar aspectos asociados a la cognición y rehabilitación. Similarmente, el Capítulo 9, estudia cómo apoyar las capacidades asociadas a la memoria prospectiva del adulto mayor, para apoyar que recuerde tomar su medicación mediante sistemas de información



ambiental que naturalmente se integran a sus actividades diarias en el hogar. Por otro lado, el Capítulo 10 propone y evalúa la factibilidad de un nuevo modelo de interacción basado en la detección del seguimiento ocular. En el Capítulo 11 se presenta un estudio para analizar las necesidades de navegación no visual de contenidos académicos y científicos disponibles en línea. Los resultados obtenidos ayudarán a informar el diseño de contenidos Web accesible por personas ciegas. El Capítulo 12 explora el Uso de juegos serios para la enseñanza-aprendizaje de competencias en nivel superior, y provee evidencia del potencial de este enfoque mediante un caso de estudio en el que se utiliza un videojuego para aprender a evaluar la usabilidad de sistemas interactivos. Finalmente, el Capítulo 13 presenta un análisis de los retos que enfrenta la investigación en IHC en México y las perspectivas a futuro.

Consideramos que la relevancia de este libro radica en plasmar los intereses de investigación en IHC en México, así como sus avances recientes. Esperamos que esta obra ayude a motivar a jóvenes de pre-grado a interesarse por esta disciplina, haciendo crecer a nuestra comunidad.

Marcela D. Rodríguez, Luis A. Castro



# Abreviaturas

BCI	Interfaz Cerebro-Computadora
IHC	Interacción Humano-Computadora
GUI	Interfaz Gráfica de Usuario
RA	Realidad Aumentada
API	Interfaz de programación de aplicaciones
IP	Protocolo de Internet
XML	Lenguaje extensible de marcado

# Índice General

<b>Capítulo 1 Introducción a Interacción Humano-Computadora .....</b>	<b>1</b>
1.1. El humano .....	5
1.2. La computadora .....	6
1.3. La interacción .....	8
1.4. Referencias .....	9
<b>Capítulo 2 Modelos Cognitivos y de Interacción.....</b>	<b>11</b>
2.1. Modelos de comportamiento motor.....	12
2.2. Modelos de procesamiento de información.....	16
2.3. Referencias .....	21
<b>Capítulo 3 Tecnologías y Modelos de Interacción.....</b>	<b>23</b>
3.1. Instruir .....	25
3.2. Conversar.....	26
3.3. Manipular y navegar.....	28
3.4. Explorar .....	30
3.5. Referencias .....	31
<b>Capítulo 4 Diseño Centrado en el Humano .....</b>	<b>35</b>
4.1. Principios básicos de diseño de interacción .....	39

4.2. Proceso de diseño de interacción .....	44
4.3. Referencias .....	47
<b>Capítulo 5 Evaluación .....</b>	<b>52</b>
5.1. Métodos cuantitativos para evaluación.....	56
5.2. Métodos cualitativos para evaluación.....	58
5.3. Referencias .....	61
<b>Capítulo 6 Laboratorios vivientes inteligentes para el diseño centrado en el usuario: el caso de Pasitos .....</b>	<b>64</b>
6.1. Introducción.....	64
6.2. Diseñando bienestar para una población con problemas cognitivos .....	66
6.2.1. Terapias cognitivas .....	68
6.2.2. Pantallas situadas dentro del salón de clases para promover comportamientos positivos .....	72
6.2.3. Terapias sensomotrices .....	74
6.3. Evaluando el ambiente inteligente.....	78
6.3.1. Preparación y entrenamiento.....	79
6.3.2. Instalación de hardware y software.....	79
6.3.3. Captura de datos y análisis.....	81
6.4. Viviendo en el laboratorio viviente inteligente del futuro.....	82
6.4.1. Uso y adopción .....	83
6.4.2. Colaboración y socialización .....	83
6.4.3. Desarrollo motriz .....	84

6.4.4. Atención y comportamiento.....	85
6.5. Retos socio-técnicos .....	86
6.6. Temas de aplicación .....	88
6.6.1. Nuevos paradigmas de interacción .....	89
6.6.2. Sistemas embebidos .....	90
6.7. Conclusiones y trabajo a futuro .....	90
6.8. Referencias .....	91

## **Capítulo 7 Interfaces Naturales de Usuario: Vista, Tacto y Movimiento en la Interacción..... 95**

7.1. Introducción.....	95
7.2. Interfaces naturales como apoyo a la creatividad.....	97
7.2.1. Técnicas y herramientas de apoyo a la creatividad.....	98
7.2.2. Un modelo para desarrollar aplicaciones de apoyo a la creatividad.....	99
7.2.3. Operaciones táctiles para actividades creativas (TOKAs)...	102
7.3. Interfaces naturales para crear realidad aumentada.....	103
7.3.1. Realidad aumentada como anotaciones a la realidad y como elemento de comunicación.....	104
7.3.2. SituAR: Plataforma de RA para el usuario final.....	107
7.3.3. Prototipo de SituAR.....	109
7.3.4. Ramificaciones de la RA social .....	111
7.4. El cómputo vestible como interfaz natural para la comunicación .....	112
7.4.1. Interfaces naturales para danza .....	113

7.4.2. Un lenguaje vibrotáctil básico para danza .....	114
7.4.3. Uso experimental del lenguaje vibrotáctil .....	116
7.5. Perspectivas .....	118
7.6. Referencias .....	118

## **Capítulo 8 Uso de Interfaces Naturales en Aplicaciones de Rehabilitación Cognitiva y Física .....**

**123**

8.1. Introducción.....	123
8.2. Interfaces naturales .....	124
8.3. Interfaces naturales aplicadas en la cognición.....	125
8.3.1. InTouchFun.....	126
8.3.2. Abueparty.....	129
8.4. Interfaces naturales aplicadas en la rehabilitación física.....	136
8.4.1. GoodVybesConnect .....	137
8.4.2. Balloons rescuer.....	140
8.5. Conclusiones.....	144
8.6. Referencias .....	146

## **Capítulo 9 Cómputo Ambiental para Mejorar la Adherencia a la Medicación del Adulto Mayor.....**

**150**

9.1. Introducción.....	150
9.1.1. Cómputo ambiental.....	151
9.1.2. Enfoques tecnológicos para apoyar la medicación .....	153
9.1.3. Visualizador ambiental para apoyar la medicación .....	153

9.2. Diseño de la interacción de MAD 1.0 .....	155
9.2.1. Estudio contextual.....	155
9.2.2. Diseño conceptual.....	157
9.2.3. Evaluación heurística .....	162
9.3. Diseño de interacción de MAD 2.0 .....	166
9.3.1. Diseño e implementación.....	166
9.3.2. Evaluación de usabilidad .....	171
9.3.3. Evaluación de efectividad .....	175
9.4. Conclusiones.....	188
9.5. Referencias .....	189

<b>Capítulo 10 Uso de la Vista en Interacción Humano-Computadora</b> .....	<b>197</b>
10.1. Introducción.....	197
10.2. Problema.....	198
10.3. Marco teórico.....	198
10.3.1. Visión.....	199
10.3.2. Constitución y anatomía del ojo humano.....	199
10.3.3. Movimientos oculares .....	201
10.4. Caso de estudio.....	207
10.4.1. Primer incremento.....	207
10.4.2. Segundo incremento.....	209
10.4.3. Tercer incremento .....	210
10.4.4. Cuarto incremento.....	213
10.4.5. Evaluación.....	214



10.5. Discusión y conclusiones.....	218
10.6. Referencias .....	219
<b>Capítulo 11 Acceso No Visual a Contenidos Digitales .....</b>	<b>223</b>
11.1. Introducción.....	223
11.1.1. Acceso a nivel de dispositivo.....	224
11.1.2. Acceso a nivel de contenidos .....	225
11.2. Problema.....	225
11.3. Marco teórico.....	226
11.4. Caso de estudio: Análisis de necesidades de interacción de estudiantes ciegos en un examen en línea .....	233
11.4.1. Objetivos del estudio.....	234
11.4.2. Metodología .....	234
11.4.3. Participantes .....	236
11.4.4. Protocolo .....	236
11.4.5. Resultados .....	237
11.5. Discusión y conclusiones.....	240
11.6. Referencias .....	243
<b>Capítulo 12 Uso de Juegos Serios para la Enseñanza-Aprendizaje de Competencias en Nivel Superior .....</b>	<b>249</b>
12.1. Introducción.....	249
12.1.1. Las competencias en nivel superior .....	250
12.2. Planteamiento del problema .....	252

12.3. Marco teórico.....	252
12.3.1. Juegos serios .....	252
12.3.2. Juegos serios y educación .....	258
12.4. Caso de estudio: Grimaldo, juego serio para aprender a evaluar usabilidad en videojuegos.....	259
12.4.1. Objetivo.....	261
12.4.2. Metodología .....	262
12.4.3. Participantes .....	264
12.4.4. Resultados .....	266
12.5. Conclusiones.....	269
12.6. Agradecimientos .....	270
12.7. Referencias .....	270
<b>Capítulo 13 Retos y Perspectivas .....</b>	<b>275</b>
13.1. Retos .....	275
13.2. Perspectivas futuras .....	276
13.3. Referencias .....	277

## Capítulo 1

### Introducción a Interacción Humano-Computadora

Luis A. Castro, Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON)

Marcela D. Rodríguez, Universidad Autónoma de Baja California (UABC)

Alfredo Sánchez, Laboratorio Nacional de Informática Avanzada (LANIA) y NEUX Lab

Los orígenes de Interacción Humano-Computadora (IHC) pueden remontarse a la época de la posguerra, cuando Vannevar Bush, asesor científico del presidente estadounidense Eisenhower introduce, en el artículo titulado “*As we may think*”, muchos de los conceptos que han inspirado investigaciones y desarrollos tecnológicos en el área, tales como hipertextos e hipermedios, interfaces gráficas, interfaces basadas en voz, ambientes de colaboración e interfaces naturales. En la década de los sesenta se produjeron avances importantes en la investigación y desarrollo de prototipos, así como demostraciones de conceptos que hoy son componentes fundamentales de sistemas interactivos. Los sistemas de ventanas, la videoconferencia, los hipertextos, y el ratón como dispositivo de interacción, se implementaron y presentaron por primera vez en 1968 por Douglas Engelbart. En los setentas, los investigadores de

IHC produjeron las primeras interfaces gráficas de usuario, las cuales representaron un avance significativo para acercar las tecnologías de información a comunidades amplias de usuarios, particularmente cuando, ya en los ochentas, fueron la base de computadoras personales disponibles comercialmente.

Hasta antes del surgimiento formal de IHC como disciplina, mucho del avance en computación se centra en el desarrollo de hardware, lo mismo que las compañías de computación. En su trabajo seminal, Jonathan Grudin habla de 5 etapas en el desarrollo de interfaces de usuario (Grudin, 1990). En la primera etapa, antes de IHC, se tiene como interfaz al hardware, cuyos principales usuarios son ingenieros especializados. En una segunda etapa, con el nacimiento de los lenguajes de programación de alto nivel, las interfaces se centran en la tarea de programar, eliminando la necesidad de conocer detalles del hardware. En la tercera etapa, a través del monitor y el teclado el usuario se comunica por medio de comandos que debían ser comúnmente memorizados. En la cuarta etapa, se inician “diálogos” interactivos con los sistemas por medio de interfaces gráficas de usuario, las cuales implican un desarrollo importante de marcos teóricos que permitan entender la ejecución de tareas complejas. Finalmente, en la última etapa, se vislumbra una computadora que va más allá del individuo, que tiene impacto en lo grupal donde la colaboración, diligencia, cargos, o autoridad son aspectos importantes que se tienen que considerar. En ese sentido, de la mano de esta evolución, se tiene cada vez más una interrelación con otras

disciplinas que van, en sus inicios, desde la ingeniería eléctrica y electrónica, ciencias de la computación, factores humanos, psicología cognitivas, hasta sociología, antropología y psicología social, en el último momento. Más allá de las etapas que plantea Grudin (1990), a partir de entonces, mucha de la evolución tecnológica y de investigación en el área se ha centrado en las interfaces naturales, en las cuales los humanos no necesariamente tienen que aprender a usar una computadora, sino que va de acuerdo con la manera *natural* de hacer las cosas.

Así, IHC se apoya de muchas disciplinas, como se podrá apreciar, pero ciertamente es central para las ciencias de la computación y el diseño de sistemas. Desde este punto de vista, IHC trata sobre el diseño, implementación, y evaluación de sistemas interactivos en el contexto de ciertas actividades del usuario. Es importante notar, sin embargo, que cuando se habla de interacción humano-computadora, *humano* no se refiere a un individuo, sino que pueden ser un grupo de individuos con un perfil determinado, o un grupo de individuos trabajando de manera colectiva, en secuencia o en paralelo. El término *computadora* se refiere a una amplia gama de sistemas que pueden ir desde una computadora de escritorio, un teléfono celular, un vehículo, un horno de microondas, una tostadora de pan, un sistema embebido, hasta sistemas que incluyen elementos no necesariamente computarizados, como pueden ser otras personas o procesos. En fin, el término computadora se refiere más apropiadamente a sistemas interactivos, es decir, aquellos con los que los humanos interactúan. Finalmente, el término *interacción* involucra todo

lo relacionado entre un diálogo entre el *humano* y la *computadora*, utilizando dispositivos de entrada y salida, ya sea de manera implícita o explícita. De ahí que, para efectos de IHC, cuando se habla de computadoras, se habla en realidad de sistemas interactivos.

Un aspecto que se debe tomar en cuenta, y que es central para el entendimiento de IHC, es que los *humanos* usan *computadoras* para realizar cierta actividad, de trabajo, entretenimiento, o actividad personal como hacer ejercicio. Así, tanto los humanos, como las computadoras, y las actividades a realizar se vuelven aspectos de interés fundamentales para IHC. En particular, es de suma importancia que el humano pueda llevar a cabo la actividad que desea realizar, lo que nos lleva a un aspecto clave en IHC: Usabilidad. Las computadoras, en su sentido más amplio, deben brindar soporte para las actividades que el humano desea realizar. Un escenario opuesto en el que el humano es forzado por computadoras a realizar una actividad de manera diferente, nos lleva a computadoras o sistemas que no son usables. En general, para que un sistema tenga éxito, éste debe ser *útil* (hacer lo que se desea hacer: escuchar música, cocinar), *usable* (fácil de usar, fácil de aprender, sin errores), y *usado* de manera frecuente (aceptado, de manera que la gente desee usarlo porque es útil, divertido o atractivo).

Los tres conceptos mencionados - *humano*, *computadora* e *interacción* – ayudan a entender el desarrollo del área de IHC, así como su naturaleza transdisciplinar. De este modo, estos tres conceptos ayudan a estructurar este capítulo. Así, se parte de marcos teóricos que han sido

utilizados ampliamente para ayudar a conocer al *humano*. Por otro lado, la evolución constante y vertiginosa de la *computadora* tiene una influencia importante en la evolución del área. Finalmente, para tratar de tener una *interacción* adecuada, se resalta la importancia del proceso de diseño de nuevas formas de *computadora*, así como el proceso de evaluación como una retroalimentación al proceso de diseño. Si bien para cada subsección se presentan ejemplos de los proyectos más relevantes del área, para dar un mejor panorama del trabajo de la comunidad de IHC en México se enfatizan aquellos proyectos de investigación que la comunidad mexicana de IHC ha realizado.

### **1.1. El humano**

En primera instancia, el *humano* tiene limitaciones naturales para el procesamiento de información, lo cual tiene serias implicaciones para el proceso de diseño de sistemas interactivos. En IHC se toman en consideración, y a menudo se estudian, tales limitaciones o características para el diseño de productos que permitan a las personas realizar la tarea que quieren realizar (por ejemplo, un cirujano en una sala de operaciones que necesita controlar una cámara y no puede usar las manos para ello). Además, hay factores que son inherentes a la condición humana, que también son importantes de considerar al momento del diseño como son cansarse, aburrirse, o enojarse. Esto es particularmente relevante cuando las computadoras han de usarse en condiciones extremas o críticas (por ejemplo, por un piloto de avión).

De igual manera, la información que proviene de las computadoras y del ambiente que nos rodea se captura por diversos canales: auditivo, visual, háptico, movimiento. A menudo, mucha de la información que se procesa se guarda de manera temporal o definitiva en nuestra memoria de corto o largo plazo. Todos los datos que recibimos a través de los canales mencionados se procesan de manera consciente o inconsciente para realizar actividades. Dicho procesamiento de información nos lleva a procesos internos complejos que siguen siendo estudiados, como resolver problemas, razonar, cometer errores, o adquirir habilidades y conocimiento. De igual manera, se sabe que las emociones tienen un impacto importante en la manera en que desarrollamos nuestras actividades, mentales o físicas, incluso emociones muy fuertes pueden llevar nuestras capacidades al límite.

Aun cuando los humanos compartimos, en general, diferentes habilidades y capacidades, las diferencias individuales son esenciales y no deben ser ignoradas. Esto es particularmente cierto en el diseño de nuevos productos para poder aspirar a que el producto sea *usable*.

## **1.2. La computadora**

La computadora, entonces, como se ha mencionado, comprende varios elementos, cada uno de los cuales afecta a su usuario. La evolución y desarrollo de la computadora ha ido de la mano de la competencia entre compañías que se dedicaban a hacer hardware. A partir de los 80s, con un mayor énfasis en la computación personal, y en las interfaces gráficas, es decir, el software, IHC adquiere una mayor relevancia, lo que hace que



ciertas compañías tengan en las interfaces gráficas de usuario un diferenciador, como lo fueron Apple, Microsoft y Xerox.

Como se ha comentado, la computadora, o sistema interactivo, comprende dispositivos tanto de entrada como de salida, que hacen que el usuario pueda ingresar u obtener información (o datos) de manera directa o indirecta. Los dispositivos clásicos de entrada como el teclado y ratón han sido objeto de mucho estudio, sobre todo en los 80s con la computación personal, pero ha habido cambios notables, como el reconocimiento del habla, las pantallas táctiles, las plumas digitales, y recientemente, el auge de los sensores o bio-señales. Por otro lado, los dispositivos de salida por excelencia han sido el monitor o proyector, el audio y la impresora, aunque ha habido también nuevas tecnologías que permiten obtener respuesta de los procesos en la computadora, como las pantallas públicas y el papel digital. De igual forma, también ha habido un desarrollo importante, aunque en menor proporción, en otro tipo de dispositivos de entrada/salida, como controles físicos, realidad virtual y aumentada, así como la retroalimentación háptica, olfativa, y algunos actuadores.

La computadora ha tenido un impacto importante en la vida profesional y cotidiana de las personas, tanto que algunas actividades comunes serían impensables hoy en día sin el uso de la computadora. Como tal, entonces, el desarrollo y desempeño de la computadora tiene

un efecto importante en la manera en que se desarrollan las actividades así como el resultado de las mismas.

### **1.3. La interacción**

Como se ha mencionado, la interacción entre el humano y la computadora es una parte central de IHC. Se entiende como un diálogo entre la computadora y el humano, mediante el cual el humano espera realizar, sin problemas, cierta actividad. La manera en que interactúan ha sido objeto de estudio. Se han abstraído modelos de interacción que nos permiten entender de una manera más estrecha este proceso. No obstante, sigue siendo un asunto complicado por la gran diversidad de personas y de contextos en los que se usan las computadoras. Debido a esto, surgen métodos y técnicas que permiten entender de una mejor manera como se lleva a cabo la interacción o, mejor aún, cómo es que debería ser tal interacción. Es decir que, el *Proceso de Diseño* de computadoras es un proceso que es inherente a IHC, y en el que intervienen muchos factores como: (a) las personas para las que se está diseñando (por ejemplo, sus habilidades, capacidades, limitaciones), (b) la actividad que se desempeñará con la computadora (por ejemplo, una actividad crítica como una cirugía a corazón abierto), y (c) el contexto en el cual se desempeña la actividad (por ejemplo, sentado en la oficina, en la sala de la casa o al conducir un vehículo de carreras). Generalmente, la interacción se da en un lugar donde aspectos sociales y el contexto organizacional tienen un efecto importante tanto en la persona (humano)

como en el sistema (computadora). Todos estos factores son centrales al proceso de diseño y son considerados durante ese proceso.

De igual manera, una vez que se ha diseñado un sistema interactivo, se tiene que verificar que efectivamente el producto cumple con el propósito para el que fue diseñado. Por ejemplo, si se ha realizado un software para aprendizaje de matemáticas, se tiene que verificar que el software permite aprender igual o mejor que con un profesor tradicional, o utilizando otro software diseñado para el mismo propósito. Esto generalmente se hace mediante un proceso de evaluación. Ciertamente, la efectividad del sistema interactivo no es el único elemento de interés en la evaluación sino que puede abarcar aspectos como eficiencia, eficacia, satisfacción al momento de usar, e incluso se considera la adopción final del producto.

#### **1.4. Referencias**

Grudin, J. (1990). The computer reaches out: the historical continuity of interface design. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems.

## **Parte I**

# **Conceptos generales de Interacción Humano- Computadora**

## **Capítulo 2**

### **Modelos Cognitivos y de Interacción**

Luis A. Castro, Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON)

Luis-Felipe Rodríguez, Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON)

Mucho del entendimiento acerca del humano y la manera en que se desempeña vienen de teorías y modelos que han sido adoptadas por IHC de áreas como psicología, sociología, antropología, entre otras. IHC, como tal, no cuenta con una teoría unificada que ayuda a describir, entender, y predecir acciones del humano. Es posible, incluso, que no se pueda generar una debido a la naturaleza compleja y diversa del área. Sin embargo, mucho del esfuerzo que se ha realizado en IHC en términos de modelos o teorías tienen que ver con el estudio de las propias interacciones entre el humano y la computadora, los cuales, a la postre sirven para el diseño de computadoras adecuadas para los humanos.

En IHC, mucha de la tendencia en los 80s fue tratar de modelar de manera cognitiva el desempeño de una persona al utilizar una computadora, para posteriormente tratar de optimizarlo mediante mejores diseños de tecnologías. Dichos modelos cognitivos tenían un toque ingenieril, y tenían como objetivo ayudar a los desarrolladores de sistemas a aplicar principios de psicología cognitiva. Dichos modelos se

conocieron como Modelo Humano Procesador, los cuales son también aplicados como una manera de evaluar la usabilidad de un producto.

La evolución de estos modelos fue facilitada en parte por desarrollos similares en áreas de ingeniería y diseño, muy cercanas a IHC y, a menudo, con cierto traslape con IHC, como ingeniería del factor humano y desarrollo en la documentación (John M. Carroll, 2013). La ingeniería del factor humano había desarrollado algunas técnicas empíricas de análisis de tareas para medir las interacciones entre el humano y algunos sistemas, notablemente en dominios como aviación y manufactura, y se estaba extendiendo hacia el área de sistemas interactivos en los que los operadores humanos generalmente realizaban labores de resolución de problemas. Por otro lado, el desarrollo de documentación se estaba moviendo más allá del rol tradicional de producir descripciones técnicas de sistemas hacia un enfoque más cognitivo en el cual se incorporaban teorías de escritura, lectura, y medios, con evaluación empírica con usuarios. Esto, porque los documentos escritos y otros medios necesitaban ser usables también.

## **2.1. Modelos de comportamiento motor**

Estos modelos están inspirados en las capacidades, limitaciones y potencial del cuerpo humano, pero más particularmente en la armonía entre tales características del humano y los diversos dispositivos de entrada/salida que existen para comunicarse con una computadora. Para efectos de este tipo de modelos, es conveniente imaginarlos como un continuo (ver Figura 2-1) en el que se tiene en uno de los extremos a las

analogías y metáforas, y en el otro a los modelos matemáticos. La mayoría de los modelos están en algún punto intermedio de estos extremos. Más cargados al extremo de las metáforas se tienen los *modelos descriptivos*. En el extremo opuesto de las ecuaciones matemáticas se tienen los *modelos predictivos*.



**Figura 2-1.** Tipos de modelos basados en el comportamiento motor del humano

El primero de ellos, los modelos descriptivos, proveen un marco teórico para describir un contexto o un problema. Generalmente dichos modelos no son más que una serie de categorías interrelacionadas de manera gráfica, pero que sirven para guiar al diseñador al proveer una herramienta que les sirve para la creación de sistemas computacionales adecuados para la interacción del usuario con el sistema. Para ilustrar, es posible considerar el ejemplo del *Key-Action Model* (KAM)(John M Carroll, 2003), o Modelo Tecla-Acción, en el que se describe al teclado como un conjunto de teclas que pertenecen a tres categorías: teclas simbólicas, teclas ejecutivas, y teclas modificadoras. Las primeras de ellas, las teclas simbólicas envían un símbolo a la pantalla, como son letras, números, o símbolos de puntuación. Por otro lado, las teclas ejecutivas indican una acción para el sistema computacional o a nivel del sistema operativo, como lo son las teclas F1 o ESC. Finalmente, las

teclas modificadoras, como su nombre lo indica, modifican el comportamiento de otras como SHIFT o ALT. Es un modelo sencillo con un nombre, categorías, y descripción de cada una de las categorías. Algo que es importante de un modelo como este es pensar si el modelo es útil. De serlo, por más sencillo que sea, permite pensar en cómo sería un teclado con una forma diferente, tomando en consideración tales categorías. El ejemplo anterior no es el único modelo. Existen otros como el Modelo de los 3 Estados para Entradas Gráficas de Bill Buxton en el que se describe las diferentes transiciones de estado de los dispositivos que apuntan como el ratón.

Por otra parte, los modelos predictivos son modelos más de corte ingenieril que se usan en una gran diversidad de disciplinas. Una ventaja de los modelos predictivos es que permiten determinar analíticamente ciertas métricas de rendimiento de un humano sin la necesidad de recolectar datos empíricos, los cuales suelen ser costosos y consumen tiempo. Uno de los más populares en el la *Ley Hick-Hyman* el cual está orientado a estimar el tiempo de reacción al elegir opciones. Este modelo tiene la forma de una ecuación. Dado un conjunto de  $n$  estímulos, asociados cada uno de ellos con  $n$  respuestas, el tiempo de reacción ( $RT$ ) para el comienzo de un estímulo y para hacer la respuesta apropiada está dado por:

$$RT = a + b \log_2(n)$$



Donde  $a$  y  $b$  son constantes obtenidas empíricamente. Este modelo se ha utilizado algunas veces en el contexto de sistemas interactivos. Por ejemplo, ha sido utilizado para estudiar como una operadora telefónica selecciona entre 10 botones después de que se enciende una luz detrás de uno de ellos (Stuart K. Card, Moran, & Newell, 2005; Stuart K. Card, Newell, & Moran, 1983). De manera similar, se aplicó la *Ley Hick-Hyman* para medir y predecir el tiempo para seleccionar elementos en un menú jerárquico (Landauer & Nachbar, 1985).

Otros modelos predictivos han surgido específicamente desde el área de IHC como lo es el modelo *Keystroke-Level Model* (KLM) (Stuart K Card, Moran, & Newell, 1980) el cual tiene por objetivo predecir el tiempo que se tomará en ejecutar una tarea en un sistema computacional, particularmente el tiempo para completar las tareas por expertos y sin considerar errores, dados los siguientes parámetros:

- Tareas o una serie de sub-tareas
- Método utilizado
- Lenguaje del comandos del sistema
- Parámetros motor-habilidad del usuario
- Parámetros tiempo-respuesta del sistema

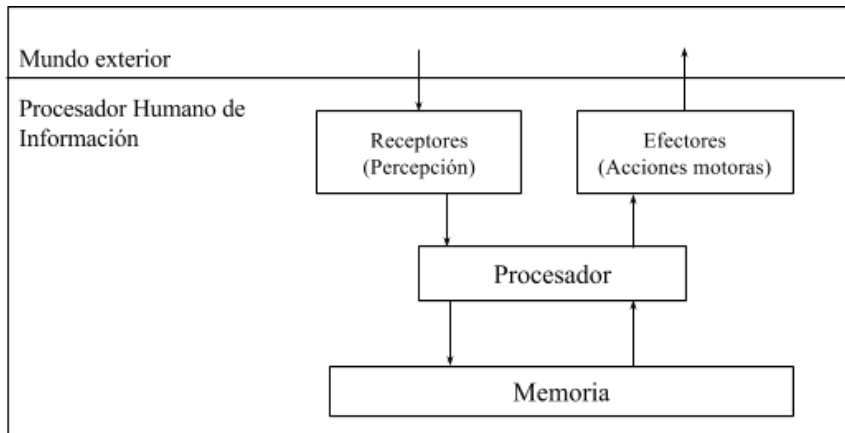
Una predicción KLM es la suma de los tiempos de las sub-tareas y el tiempo en general (*overhead*). Este modelo incluye cuatro operadores control-motor (K=*key stroking*, P=*pointing*, H=*Homing*, D=*Drawing*), un operador mental (M), y un operador respuesta-del-sistema (R):

$$T_{EXECUTE} = t_K + t_P + t_H + t_D + t_M + t_R$$

Algunas de las operaciones se pueden omitir o pueden ser repetidas, dependiendo de la tarea. Por ejemplo, si una tarea requiere presionar el teclado  $n$  veces,  $t_K$  se convierte en  $n \times t_K$ . A cada operación  $t_K$  se le asigna un valor de acuerdo con la habilidad del usuario, con valores que van desde  $t_K = 0.08$  para los que son muy hábiles para teclear hasta  $t_K = 1.20$  para alguien que está tecleando con un teclado que no le es familiar. Desde su introducción, este modelo se ha utilizado en diversos contextos en IHC como predecir rendimiento de usuarios con menús jerárquicos (Lane, Napier, Batsell, & Naman, 1993) o predecir el rendimiento de personas al entrar texto para personas que tienen discapacidades físicas (Koester & Levine, 1994).

## **2.2. Modelos de procesamiento de información**

Aun y cuando los modelos basados en comportamiento motor fueron exitosos, a medida que las interfaces fueron haciéndose más complejas, se requerían modelos que tomaran en cuenta las interacciones entre humanos y computadoras de manera integral, y no solamente interacciones discretas. De igual forma, se requería que los modelos se centraran en el contenido de los monitores o pantallas como tal, más allá de la manera en que estaban organizadas. Es en este contexto cuando surgen otros modelos basados en procesamiento de información que, tomando como analogía un programa de computadora, está descrito en términos de mecanismos locales pero en su conjunto llevan a comportamientos de alto nivel.



**Figura 2-2.** Esquemático que representa al humano como Sistema de procesamiento de información. Fuente: Basado en John M Carroll (2003)

En la Figura 2-2, se presenta un modelo generalizado donde se muestra al humano como procesador de información. En el centro de la figura, se tiene una entidad llamada Procesador que se encarga de procesar la información recibida a través de los Receptores así como de la Memoria misma. Con el paso de los años, esta manera de ver la interacción entre humanos y computadoras llevó a la creación de modelos que analizan tareas como GOMS (*Goals, Operators, Methods, Selection rules*), el cual es uno de los ejemplos importantes en el área. Estos modelos son importantes para áreas orientadas a la ingeniería de software, en el que se puedan utilizar modelos para el diseño de productos sin necesidad de realizar estudios empíricos que muchas veces resultan ser costosos. Aun y cuando los modelos como GOMS no permitían predecir comportamientos muy complejos, si fueron exitosos

en predecir tareas muy específicas como la velocidad de entrada de datos por medio de teclado de una persona en diferentes teclados.

En particular, GOMS es un modelo cognitivo en el que se utiliza una estrategia de dividir las metas del usuario en sub-metas, para analizarlas de esta manera (Stuart K. Card et al., 2005). Para ilustrar, imagine que se quiere realizar un reporte de ventas del libro “Interacción Humano-Computadora en México”. Para lograr esta meta, se divide en varias sub-metas como Recolectar los datos, analizarlos, Producir gráficas adecuadas como histogramas, y Escribir el reporte. Tomando como base la meta Recolectar los Datos, podemos crear varias sub-metas como Contactar editorial X, y más.

```

PRODUCIR REPORTE
  RECOLECTAR DATOS
    CONTACTAR EDITORIAL X
      HACER LLAMADA
        << MÁS SUB-METAS >>
      HACER ANOTACIONES MANUALES
        << MÁS SUB-METAS >>
    PRODUCIR GRÁFICAS
      << MÁS SUB-METAS >>
  ESCRIBIR EL REPORTE
    << MÁS SUB-METAS >>

```

Aquí, las metas se pueden ir descomponiendo hasta llegar a metas de muy bajo nivel como mover las manos o los ojos del usuario, por lo que es importante tener en consideración hasta que nivel se lleva el análisis. GOMS consiste de cuatro elementos básicos:

**Metas (*Goals*):** Describen qué es lo que el usuario quiere realizar. Deben representar un “punto en la memoria” del usuario en el que puede analizar que tiene que realizar, y a donde puede regresar en caso de que algo salga mal.

**Operadores (*Operators*):** Nivel más bajo de análisis y consiste de las acciones básicas que debe realizar un usuario para operar un sistema. Tiene mucha flexibilidad en cuanto al nivel que se requiere, y puede incorporar acciones que afecten al sistema (Ej. Presionar la tecla *Enter*) o el estado mental del usuario (Ej. Leer ventana de diálogo donde se indica el error).

**Métodos (*Methods*):** Representan las diferentes maneras en que se puede realizar una meta. Por ejemplo, para cerrar la ventana actual, el usuario puede seleccionar la X en la esquina superior derecha, mostrar el menú emergente y seleccionar la opción Cerrar Ventana o presionar la combinación de teclas ALT+F4. Estos Métodos, en GOMS se puede representar como el METODO-X, METODO-ME, o METODO-F4.

**Reglas de selección (*Selection Rules*):** Aquí se intenta predecir cuál de las Métodos serán usados por los usuarios, lo cual depende en muchos casos del mismo usuario, así como del estado del sistema. En el siguiente ejemplo se tienen tres métodos diferentes para llevar a cabo la misma Meta.

```
META: CERRAR-VENTANA
  [select META: USAR-METODO-X
    MOVER CURSOR HACIA LA ESQUINA SUPERIOR
    CLIC EN ICONO X
  META: USAR-METODO-Y
    MOVER CURSOR HACIA ENCABEZADO DE VENTANA
    CLIC DERECHO EN RATON
    SELECCIONAR OPCION CERRAR VENTANA
  META: USAR-METODO-F4
    CLIC EN TECLA F4]
```

Este método de GOMS ha servido de base para muchos otros que se han creado, y ha sido sustento importante para métodos que se han dedicado al análisis de tareas rutinarias por parte de los usuarios.

Los métodos anteriormente vistos sirven para ilustrar la manera en que se puede analizar sistemáticamente una serie de tareas que componen a una actividad humana. De esta manera, es posible tomar en cuenta las características particulares de cada tarea para que un sistema interactivo le brinde el soporte adecuado. Es decir, el diseño de un sistema interactivo puede tomar como base las características no solo de la tarea en particular, sino de las particularidades del ser humano que permitan que la persona sea efectiva al momento de realizar cada tarea al utilizar el sistema interactivo.

### 2.3. Referencias

- Card, S. K., Moran, T. P., & Newell, A. (1980). The keystroke-level model for user performance time with interactive systems. *Communications of the ACM*, 23(7), 396-410.
- Card, S. K., Moran, T. P., & Newell, A. (2005). The model human processor: An engineering model of human performance. In N. Moray (Ed.), *Ergonomics*. New York, NY, USA: Taylor & Francis.
- Card, S. K., Newell, A., & Moran, T. P. (1983). *The Psychology of Human-Computer Interaction*: L. Erlbaum Associates Inc.
- Carroll, J. M. (2003). *HCI models, theories, and frameworks: Toward a multidisciplinary science*: Elsevier.
- Carroll, J. M. (2013). Human Computer Interaction - brief intro. In M. Soegaard & R. F. Dam (Eds.), *The Encyclopedia of Human-Computer Interaction: The Interaction Design Foundation*.
- Koester, H. H., & Levine, S. P. (1994). Validation of a keystroke-level model for a text entry system used by people with disabilities. Paper presented at the Proceedings of the first annual ACM conference on Assistive technologies.

Landauer, T. K., & Nachbar, D. (1985). Selection from alphabetic and numeric menu trees using a touch screen: breadth, depth, and width. *ACM SIGCHI Bulletin*, 16(4), 73-78.

Lane, D. M., Napier, H. A., Batsell, R. R., & Naman, J. L. (1993). Predicting the skilled use of hierarchical menus with the keystroke-level model. *Human-Computer Interaction*, 8(2), 185-192.



## Capítulo 3

### Tecnologías y Modelos de Interacción

Marcela D. Rodríguez, Universidad Autónoma de Baja California (UABC)

Identificar cuál es el modelo de interacción apropiado del producto o sistema de cómputo propuesto, involucra visualizar su funcionalidad tomando en cuenta las necesidades y habilidades de los usuarios, el contexto de uso del producto y los requerimientos identificados. Para lograr esto, es necesario tomar decisiones sobre los siguientes aspectos (Preece, Rogers, & Sharp, 2002; Stone, Jarrett, Woodroffe, & Minocha, 2005):

**El modo de interacción:** Determina las actividades de interacción que el usuario podrá realizar para comunicarse con el sistema y viceversa; por ejemplo, si el sistema permitirá al usuario explorar y navegar por la información que le presenta, dar instrucciones al sistema para que realice ciertas operaciones, conversar con éste tal como se conversa con otra persona, o manipular y navegar en un ambiente virtual que emula características del mundo físico.

**El estilo de la interfaz:** Define la apariencia (*look*) y el comportamiento (*feel*) de la interfaz de usuario del sistema. Se toma en cuenta el

modo de interacción seleccionado, para elegir tipos específicos de interfaces y sus componentes; por ejemplo, si se utilizará un sistema basado en menús, comandos o entrada por voz, o incluso una combinación de estos.

**El paradigma de interacción:** La forma de interacción (modo de interacción y estilo de la interfaz) con el sistema se implementa mediante soluciones tecnológicas concretas. A su vez, estas soluciones tecnológicas implementan paradigmas de interacción que podemos clasificar en dos tipos: i) el “de escritorio”, que mediante dispositivos como el ratón, teclado y monitor permiten interacciones explícitas; y ii) paradigmas que “van más allá del escritorio”, tal como la realidad virtual, los robots, el cómputo vestible, cómputo tangible, visualizadores ambientales y la realidad aumentada. Estos últimos utilizan tecnologías que permiten una interacción natural e implícita, tal como cámaras y sensores inerciales que implementan nuevos estilos de interacción basados en gestos, movimientos y posturas del cuerpo.

Las decisiones sobre el modo de interacción, difieren de las realizadas para seleccionar el estilo de la interfaz. Las primeras son de más alto nivel de abstracción, ya que determinan la naturaleza de las actividades del usuario que se apoyarán; mientras las segundas se refieren a la selección de tipos específicos de interfaces de usuario. Por otro lado, seleccionar desde un principio el paradigma de interacción,

ayuda a informar el diseño conceptual del sistema interactivo, esto es, el paradigma de interacción influye en la selección de los modos y estilos de interacción.

A continuación se describen los cuatro modos de interacción más comunes. De cada uno se discute cómo diversas soluciones tecnológicas ayudan a implementarlos siguiendo alguno de los paradigmas de interacción mencionados:

### **3.1. Instruir**

El usuario indica al sistema lo que debe de hacer. Un ejemplo es cuando el usuario emite instrucciones a un sistema para que almacene, borre o imprima un archivo. Este modo de interacción no solo ha evolucionado, sino que también varía dependiendo del paradigma de interacción y el estilo de la interfaz que se proponga seguir. Así, la interacción con la computadora personal mediante sistemas basados en comandos (Por ejemplo, DOS, UNIX) cambió al incluir sistemas basados en interfaces de usuario gráficas que reciben instrucciones mediante teclas de control o menú de opciones, hasta sistemas que reciben instrucciones mediante reconocimiento de voz y gestos en 2D y 3D lo cual no solo ha simplificado este modo de interacción, también ha facilitado la accesibilidad de los dispositivos computacionales por quienes padecen alguna discapacidad. Por ejemplo, el uso del Google Assistant<sup>1</sup> o de Siri<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> <https://assistant.google.com/>

<sup>2</sup> Apple Inc., Siri. <http://www.apple.com/ios/siri/>

por invidentes y débiles visuales para dar instrucciones mediante voz a las aplicaciones de sus dispositivos móviles (tal como indicarle “llama a José”, “cerrar Facebook”) (Wong & Tan, 2012).

### **3.2. Conversar**

Se refiere a que el usuario y el sistema mantienen un diálogo. Es decir, el sistema actúa más como un compañero, que como una máquina que obedece órdenes. Este modo de interacción ha sido útil en aplicaciones en que el usuario necesita encontrar algún tipo específico de información o discutir algún aspecto. Aplicaciones típicas serían los sistemas tutores, máquinas de búsqueda o sistemas de ayuda. Sistemas más complejos son aquellos que realizan procesamiento de lenguaje natural y responde a las preguntas que el usuario escribe (Weizenbaum, 1976). Los sistemas expertos fue el primer enfoque computacional propuesto para explorar la superficialidad de la comunicación entre el humano y la máquina. Actualmente, podemos encontrar sistemas *chatbot*, capaces de aprender de su entorno para entablar conversaciones informales con las personas; tal como el *chatbot* “Tay”, diseñado para conversar por Twitter con los jóvenes, y que con base al contexto de la conversación respondía de forma agradable o agresiva (Reese, 2016). Los agentes inteligentes de software es una técnica de la Inteligencia Artificial, que ha sido utilizada para implementar nuevos paradigmas de interacción. Así, surgen los Agentes Relacionales<sup>3</sup>, que se diseñan para construir relaciones socio-emocionales con las personas emulando la interacción cara-cara. Los

---

3 <http://relationalagents.com>

agentes no solo hablan al conversar, sino también emiten gestos y expresiones faciales, con el fin de generar empatía con el humano. El beneficio principal de esta interacción es que permite a las personas (especialmente a los novatos) interactuar con el sistema de una forma que les resulta familiar. Los problemas que podrían presentarse, es que el sistema no responda como el humano espera, lo que confunde e interrumpe la conversación (Cafaro, Vilhjálmsón, & Bickmore, 2016).

En México, se ha investigado sobre modelos cognitivos de la IHC que incluye protocolos para que aplicaciones como sistemas de diálogo y robots de servicio puedan comprender el contexto y entablar conversaciones con los humanos; tal como el robot de servicio Golem diseñado para actuar como un camarero (Pineda, 2008). Por otro lado, se ha investigado el efecto que tiene este modo de interacción en los humanos. Así, se ha evaluado cómo los agentes de software representados como avatares, logran comunicar emociones mediante expresiones faciales (Sánchez, Starostenko, Medina, Cervantes, & Wan, 2014). Similarmente, de la evaluación del avatar EMI, desarrollado para asistir a una comunidad de Oaxaca a elegir rutas de transporte rápidas y seguras, resultó que personas analfabetas se beneficiaron al acceder a esta información fácilmente (Baños, Aquino, Sernas, López, & Mendoza, 2007).

### 3.3. Manipular y navegar

Este modo describe cómo el usuario manipula objetos y navega a través de espacios virtuales utilizando su propio conocimiento sobre el mundo físico. Por ejemplo, objetos virtuales pueden ser manipulados para moverlos, seleccionarlos, abrirlos, cerrarlos, y aumentarlos (para visualizar su información/contenido). La manipulación directa (MD)<sup>4</sup> es un estilo de interacción en que los usuarios actúan sobre los objetos mostrados utilizando acciones físicas que tienen un efecto visible inmediato en la pantalla; y es uno de los conceptos centrales de las interfaces de usuario gráficas (GUI's, del inglés *Graphical User Interfaces*). La primera compañía en diseñar un sistema basado en GUI's fue Xerox PARC<sup>5</sup>, permitiendo a las personas capitalizar su entendimiento sobre lo que sucede en los objetos físicos del mundo real. Es decir, las acciones físicas de los usuarios, son emuladas por el sistema mediante pistas auditivas y visuales, tal como cuando se arrastra un archivo al ícono de la basura. Paradigmas tecnológicos que posteriormente surgen y ayudan a implementar este modo de interacción, son la realidad virtual, en donde los usuarios interactúan y navegan por un mundo físico simulado en 3D; y las aplicaciones del cómputo ubicuo en donde se interactúa con objetos físicos aumentados digitalmente, los cuales se integran de forma natural a las actividades del usuario.

---

4 <https://www.nngroup.com/articles/direct-manipulation/>

5 <https://www.parc.com/>

De las investigaciones realizadas en México, se destacan las que han desarrollado aplicaciones de cómputo ubicuo, las cuales se caracterizan por producir prototipos y recomendaciones de diseño que utilizan este modo de interacción para asistir a personas con capacidades diferentes. Por ejemplo, el Visualizador Ambiental para la Medicación (Zárate-Bravo, García-Vázquez, & Rodríguez, 2015), despliega pictogramas para indicarle al adulto mayor si tomó el medicamento correcto, lo que es detectado mediante sensores pasivos (NFC)<sup>6</sup>. También se han desarrollado tecnologías ambientales para fomentar el envejecimiento activo, los cuales promueven la interacción basada en gestos o movimientos del cuerpo para manipular los elementos del juego, tal como en los juegos de *Kinect*<sup>7</sup>. En esta línea, se desarrolló un dispositivo de interacción para detectar la fuerza de agarre de la mano, lo que el videojuego interpretaba como la acción a ejecutar: por ejemplo, la fuerza que se aplicará para golpear una bola de billar, o para lanzar a un pájaro en el popular juego *Angry Birds* (Zavala-Ibarra & Favela, 2012). Adicionalmente, se ha favorecido la rehabilitación física de adultos mayores con enfermedad cerebrovascular mediante videojuegos que proveen retroalimentación háptica acerca de los movimientos realizados con la mano (Ramírez-Fernández, García-Canseco, Morán, & Orihuela-Espina, 2014). Por otro lado, se investiga cómo potenciar la integración social de personas con autismo dándole apoyo visual durante

---

6 <http://nearfieldcommunication.org/>

7 <http://www.xbox.com/>

interacciones cara a cara. Por ejemplo, MOSOCO es un sistema de realidad aumentada que utiliza el teléfono móvil para proporcionar pistas visuales que guíen al niño con autismo durante su interacción social con niños neuro-típicos (Escobedo et al., 2012). Además, se ha evaluado el potencial de los lentes inteligentes (como *Google Glass*) para dar retroalimentación visual que ayude a adultos con autismo a regular las alteraciones en la entonación y ritmo del lenguaje (Boyd et al., 2016).

### **3.4. Explorar**

Se basa en la idea de permitir a las personas buscar y explorar información conforme se la presenta el sistema, tal como lo hacemos cuando hojeamos una revista o al sintonizar la radio. Las páginas web y portales de venta de productos aplican este modo de interacción. En México, se ha utilizado este modo de interacción en sistemas desarrollados para facilitar la colaboración entre usuarios remotos. Por ejemplo, PIÑAS es un sistema que facilita que una comunidad de co-autores distribuidos utilicen la Web para colaborar en la edición de documentos compartidos. El sistema fue diseñado para dar conciencia sobre las actividades de edición que realiza el grupo, lo que facilita la exploración del documento; tal como, resaltar las secciones que han sido modificadas, indicar quién las modificó y cuándo fueron modificadas (Morán et al., 2002). Similarmente, mecanismos de conciencia de colaboración, se utilizaron para apoyar la programación por pares de programadores que se encuentran distribuidos, y facilitar así la exploración del código (Morán et al., 2008). En la misma línea de



investigación en Sistemas Colaborativos, se propuso el concepto de Esferas de Trabajo para explicar la forma inherente en que las personas organizan sus unidades de trabajo. Cada una de las cuales involucra el manejo de diversos recursos informativos (p.ej. Documentos, aplicaciones, correos, etc.); además de que pueden fragmentarse dado que las personas suelen cambiar de una tarea (unidad de trabajo) a otra. Lo anterior, motivó a desarrollar un sistema que soporte el concepto Esferas de Trabajos mediante mecanismos que ayudan a identificar las esferas de trabajo activas, y explorar cada uno de los recursos que contienen (González & Mark, 2004).

### **3.5. Referencias**

Baños, T. Y., Aquino, E., Sernas, F. D., López, Y. R., & Mendoza, R. C. (2007). EMI: A system to improve and promote the use of public transportation. Paper presented at the CHI'07 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems.

Boyd, L. E., Rangel, A., Tomimbang, H., Conejo-Toledo, A., Patel, K., Tentori, M., & Hayes, G. R. (2016). SayWAT: Augmenting face-to-face conversations for adults with autism. Paper presented at the Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems.

Cafaro, A., Vilhjálmsón, H. H., & Bickmore, T. (2016). First Impressions in Human--Agent Virtual Encounters. ACM

Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI), 23(4), 24.

Escobedo, L., Nguyen, D. H., Boyd, L., Hirano, S., Rangel, A., Garcia-Rosas, D., . . . Hayes, G. (2012). MOSOCO: a mobile assistive tool to support children with autism practicing social skills in real-life situations. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems.

González, V. M., & Mark, G. (2004). Constant, constant, multi-tasking craziness: managing multiple working spheres. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems.

Morán, A. L., Decouchant, D., Favela, J., Martinez-Enriquez, A. M., Beltrán, B. G., & Mendoza, S. (2002). PINAS: Supporting a Community of Co-authors on the Web. Paper presented at the International Workshop on Distributed Communities on the Web.

Morán, A. L., Favela, J., Romero, R., Natsu, H., Pérez, C., Robles, O., & Martínez Enríquez, A. M. (2008). Potential and actual collaboration support for distributed Pair-Programming. *Computación y sistemas*, 11(3), 211-229.

Pineda, L. A. (2008). Specification and interpretation of multimodal dialogue models for human-robot interaction. *Artificial*

Intelligence for Humans: Service Robots and Social Modeling, 33-50.

Preece, J., Rogers, Y., & Sharp, H. (2002). *Interaction design: beyond human-computer interaction*: John Wiley & Sons.

Ramírez-Fernández, C., García-Canseco, E., Morán, A. L., & Orihuela-Espina, F. (2014). Design principles for haptic-virtual rehabilitation environments: effects on effectiveness of fine motor hand therapy. Paper presented at the International Workshop on ICTs for Improving Patients Rehabilitation Research Techniques.

Reese, H. (2016). Why Microsoft's 'Tay' AI bot went wrong. TechRepublic. Retrieved from

Sánchez, J. A., Starostenko, O., Medina, P., Cervantes, O., & Wan, W. (2014). Affordable Development of Animated Avatars for Conveying Emotion in Intelligent Environments. Paper presented at the Intelligent Environments (Workshops).

Stone, D., Jarrett, C., Woodroffe, M., & Minocha, S. (2005). *User interface design and evaluation*: Elsevier.

Weizenbaum, J. (1976). *Computer power and human reason: From judgment to calculation*.

- Wong, M. E., & Tan, S. S. (2012). Teaching the benefits of smart phone technology to blind consumers: Exploring the potential of the iPhone. *Journal of Visual Impairment & Blindness*, 106(10), 646.
- Zárate-Bravo, E., García-Vázquez, J.-P., & Rodríguez, M. D. (2015). An Ambient Medication Display to Heighten the Peace of Mind of Family Caregivers of Older Adults: A Study of Feasibility. Paper presented at the International Symposium on Pervasive Computing Paradigms for Mental Health.
- Zavala-Ibarra, I., & Favela, J. (2012). Ambient videogames for health monitoring in older adults. Paper presented at the 8th International Conference on Intelligent Environments (IE).

## **Capítulo 4**

### **Diseño Centrado en el Humano**

Mónica Tentori, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE)

Como se comenta en la sección introductoria de este capítulo, más allá de entender al humano (discutido en la sección anterior), es necesario entender cómo se pueden mejorar las interacciones entre un humano y la computadora. Para esto, es necesario entender la manera en que el proceso de diseño sirve para estos propósitos.

El Diseño Centrado en el Humano (DCH) es un enfoque que se encarga de optimizar las interacciones de un usuario con un sistema, su ambiente o producto. Se enfoca en entender el espacio del problema para proponer tecnología innovadora y potencialmente disruptiva (Rogers, 2011) que apoye las interacciones de los humanos con la computadora de mejor manera. DCH tiene el objetivo de diseñar productos interactivos que sean fáciles de usar, efectivos en su uso, y con una experiencia de uso que se disfrute. En contraste con la Ingeniería de Software, en donde los requisitos se obtienen mediante una entrevista a los usuarios donde se les preguntan sus necesidades para formular una especie de “contrato” con las funcionalidades del sistema; el DCH pone un especial énfasis en involucrar a los usuarios potenciales en el proceso de diseño para

ayudarlos a establecer requerimientos que de otra manera serían muy difíciles de encontrar.

A menudo, los usuarios no saben lo que quieren y les es difícil concebir un sistema innovador que facilite sus tareas. Es por ello, que el DCH apoya a los diseñadores a entender de mejor manera las necesidades y los problemas de los usuarios, y establecer los requerimientos reflexionando sobre las estrategias actuales. De manera formal el DCH se define como “*el diseño de productos interactivos que apoyen la manera en que las personas se comunican e interactúan en su vida diaria*” (Preece, Rogers, & Sharp, 2002), así como “*el diseño de espacios para la comunicación e interacción humana*” (Winograd, 2003).

Sin embargo, el diseñar productos usables y con una buena experiencia de usuario no es tarea fácil. Por ejemplo, inspirados en lo que los bebés realizan diariamente: gatear; los japoneses diseñaron un mameluco con cerdas de trapeador que le permiten a un bebé trapear el piso mientras gatea. Los japoneses llaman a este tipo de diseños *chindogu*<sup>8</sup> refiriéndose a aquellos diseños “útiles pero socialmente inaceptables”. Muy frecuentemente, el mundo está lleno de diseños que, a pesar de ser útiles, presentan otro tipo de problemas, y desafortunadamente utilizamos estos productos en nuestra vida cotidiana. Por ejemplo, los buzones de voz 01 800 de atención a clientes son

---

<sup>8</sup> <http://www.chindogu.com/>

generalmente ineficientes y frustrantes. Estos diseños existen principalmente porque los diseñadores de sistemas no se preocupan por las interacciones ni por la interfaz de usuario, sino que se centran en la funcionalidad del sistema y los algoritmos necesarios para la optimización de recursos computacionales.

Si bien, algunos malos diseños de sistemas interactivos que utilizamos en la actualidad son frustrantes, confusos e ineficientes, un mal diseño puede tener consecuencias aún mayores. Por ejemplo, existen reportes de muertes a raíz de un mal uso del equipo de radiación que utiliza como entrada una serie de comandos complejos y confusos. Un “mal diseño te puede matar”<sup>9</sup>. Hasta hace relativamente poco, interactuar con la computadora significaba escribir comandos desde una consola - modo de interacción conocido como la tercera etapa de interfaces descrito en mayor detalle en la sección introductoria de este capítulo. Esta forma de interacción provocó que la computadora se percibiera como un dispositivo difícil de operar e incluso se creó una cultura alrededor de los gurús de computación que memorizaron la mayoría de los comandos de un sistema operativo. Sin embargo, en los últimos años se han propuesto nuevos dispositivos que buscan imitar cómo los humanos interactúan con el mundo real utilizando interfaces naturales.

---

<sup>9</sup> <https://www.nngroup.com/articles/medical-usability/>;  
<http://www.nbcnews.com/id/28655104/>

A pesar de esto, el modelo de interacción de cómputo al cual estamos acostumbrados en la actualidad, y el que continúa siendo el más popular, es el uso del ratón-teclado-monitor. Sin embargo, este modelo de interacción frecuentemente inhibe nuestras capacidades de interacción innatas (Malizia & Bellucci, 2012). Por ejemplo, el ratón es un dispositivo que provee solo 2 grados de libertad, el cual resulta marginal si se compara con los 23 grados de libertad que tenemos en nuestros dedos. A pesar de que el ratón ha sido una invención revolucionaria en la historia de la computación, y es un buen dispositivo de entrada, no es el más natural. Un usuario debe de aprender a trabajar con él, y a pesar que muchos lo encuentran fácil de usar, muchas personas se sienten desorientadas en su primer encuentro con el ratón –principalmente niños, adultos mayores, o individuos con capacidades diferentes y con el sistema motor comprometido. Es por ello que un área importante de estudio en IHC consiste en entender el espacio de diseño de diferentes productos y el proponer nuevos diseños potencialmente disruptivos pero útiles y con una buena experiencia de uso. La investigación en México se ha abocado a entender el espacio de diseño de sistemas interactivos en contextos específicos incluyendo el diseño de sistemas interactivos para adultos mayores (Navarro, Rodríguez, & Favela, 2016), personal hospitalario (Muñoz, Rodríguez, Favela, Martínez-García, & González, 2003), comunidades rurales (Moreno Rocha & Martínez Sandoval, 2014), trabajadores de la información (González & Mark, 2004) y niños con autismo (Tentori, Escobedo, & Balderas, 2015).



Por estas razones, en la actualidad, los diseñadores de sistemas se preocupan por la interfaz y la interacción permitiendo la evolución de nuestras interacciones con la computadora. Como consecuencia, el DCH se ha convertido en un gran negocio. En particular, los consultores de diseño de sistemas, compañías *start up* de computación y la industria de cómputo móvil se han dado cuenta del rol crucial que el DCH juega en el desarrollo de sistemas. Para hacerse notar en un campo altamente competitivo te debes destacar de alguna manera, y la interacción ha logrado ser un excelente diferenciador. Un ejemplo claro de esto fue la aparición del iPod cuya interacción novedosa e intuitiva logró eliminar a su competencia del mercado<sup>10</sup>. Esto nos llevó a entender que la interacción no es algo secundario si no debe de ser el centro del diseño de sistemas interactivos. El poder decir que tu producto es fácil de utilizar, efectivo en su uso y con una experiencia de uso que se disfrute se ha convertido en el slogan oficial de las compañías de desarrollo de sistemas en nuestros días.

#### **4.1. Principios básicos de diseño de interacción**

La literatura en DCH ha propuesto abstracciones generalizables acerca de diferentes aspectos del diseño que se conocen como principios de diseño. Estos principios de diseño funcionan como guías de “lo que se debe hacer y no se debe de hacer” al diseñar un sistema. Los principios de diseño son derivados de una mezcla de teorías basadas en

---

<sup>10</sup> <http://gizmodo.com/5671670/sony-kills-the-cassette-walkman-on-the-ipods-birthday>

conocimiento, experiencia de uso y sentido común. Si bien existen muchos principios de diseño que son específicos para una población en particular; de manera general, los principios básicos del diseño de interacción (Norman, 2013) son los siguientes:

**Visibilidad:** Pone un especial énfasis en hacer visibles las interacciones de los humanos con la computadora. Mientras más visibles sean las funciones de un sistema interactivo es más probable que los humanos averigüen qué acción realizar. En contraste, cuando las funciones están “fuera de nuestra vista” es más difícil imaginarnos como se puede utilizar el producto. La investigación en DCH en México se ha enfocado en proponer una adecuada visibilidad al diseñar interfaces para visualización de grandes volúmenes de información (Sánchez, 2014), así como para videojuegos basados en movimiento (Caro, Tentori, Martínez-García, & Zavala-Ibarra, 2017), kioskos y superficies interactivas<sup>11</sup>. Por ejemplo, *FroggyBobby* es un videojuego serio basado en movimiento donde los niños utilizan sus brazos para controlar la lengua de una rana y ayudarlo a comer moscas (Caro et al., 2017). El juego utiliza instrucciones claras y cortas, y mini-películas que funcionan como una especie de tutorial. Además, la interfaz del juego muestra dos botones que indican dónde inicia y termina el movimiento, y el patrón de vuelo de las moscas les

---

<sup>11</sup> <http://www.edis.mx/>

proporciona a los niños una guía visual del tipo de movimiento que el niño debe de practicar.

**Retroalimentación:** Relacionado al concepto de visibilidad está el concepto de retroalimentación. Retroalimentación, se refiere a proporcionarle al usuario información acerca de la acción que se está ejecutando o que se acaba de ejecutar. Un contra ejemplo es el siguiente. Imagina tratar de partir un pan utilizando un cuchillo y no ver cómo se corta el pan o escribir utilizando una pluma sin ver cómo las palabras aparecen en la hoja de papel. En DCH existen diferentes tipos de retroalimentación que involucran el uso de sonidos, animaciones, vibraciones y combinaciones de dichos estímulos sensoriales. El utilizar la retroalimentación de manera adecuada puede también proporcionar una buena visibilidad del producto. Las primeras interfaces de usuario desarrolladas en México enfocadas en proponer una buena retroalimentación involucraron el diseño de sistemas colaborativos siguiendo la filosofía de lo “que yo veo es lo que tú ves” en especial para la edición colaborativa (Moran, Favela, Martinez, & Decouchant, 2001) de documentos o la programación en pares (Vizcaíno, Contreras, Favela, & Prieto, 2000). Recientemente, se ha explorado el uso de otros estímulos sensoriales como el uso de háptica para proporcionar retroalimentación vibro táctil durante las terapias de rehabilitación (Ramírez-Fernández et al., 2016).

**Restricciones:** Se refiere a determinar modos para restringir caminos u opciones que los usuarios pueden elegir cuando hayan ejecutado una acción. Por ejemplo, sombrear opciones que no son permitidas al utilizar un procesador de texto. El proveer restricciones adecuadas ayuda a prevenir al usuario el seleccionar opciones incorrectas reduciendo la posibilidad de cometer errores. En México este principio de diseño se ha explorado mayormente durante el diseño de objetos tangibles (Escobedo, Ibarra, Hernandez, Alvelais, & Tentori, 2014), prótesis de brazos, y permitiendo la organización de recursos computacionales en términos de actividades (Morteo, Gonzalez, Favela, & Mark, 2004). Por ejemplo, el Malabarista de Esferas es un sistema que permite asociar documentos, aplicaciones y contactos a una esfera de trabajo que representa una actividad. De esta manera todos los recursos digitales se restringen a lo que es relevante a la esfera de trabajo que el usuario seleccione.

**Consistencia:** Se refiere a utilizar operaciones similares o utilizar elementos similares para tareas similares. Por ejemplo, el uso de shortcuts del teclado como ctrl+C o ctrl+Z que se mantienen independientemente del sistema operativo que se utilice. Una adecuada consistencia permite que los sistemas sean más fáciles de utilizar porque los usuarios deben de aprender un solo camino aplicable a varios objetos. En México, se ha explorado el concepto de consistencia al diseñar sistemas de sensado para la

recolección de datos de comportamiento utilizando teléfonos celulares (Castro, Favela, Quintana, & Perez, 2015). *InCense*, es una herramienta que permite a los usuarios con bajas habilidades técnicas diseñar campañas de sensado. *InCense*, tiene una interfaz donde los usuarios pueden manipular elementos de una campaña de sensado incluyendo los sensores disponibles en un celular como el GPS o el acelerómetro, actuadores y encuestas. Estos elementos se representan mediante íconos que son consistentes con la nomenclatura que se utiliza en los diagramas de flujo y se utilizan estándares para los algoritmos y mecanismos de almacenamiento de datos para facilitar su integración con otras herramientas de sensado como Funf (Behav.io)<sup>12</sup>.

**Asequibilidad<sup>13</sup>:** Es un concepto muy popular en DCH, que se refiere a los atributos de un objeto que permiten a las personas conocer cómo utilizarlo. Significa *dar un pista* de cuáles acciones se pueden realizar sobre un objeto. Por ejemplo, un icono debe de invitarte a presionarlo, una barra de desplazamiento (*scroll*) debe invitarte a moverla para arriba o abajo, y los botones a empujarlos. Este principio de diseño se ha utilizado mayormente en el diseño de objetos físicos ya que el mapeo es más natural e involucra el uso de muchas metáforas basadas en interacciones reales. Por ejemplo, para persuadir a los trabajadores de la

---

<sup>12</sup> <http://www.funf.org>

<sup>13</sup> Traducción al español del concepto de “Affordances”

información a llevar una vida menos sedentaria, e inspirados en el mecanismo de defensa del puercoespín, se diseñó un ratón que de manera gradual saca picos dependiendo del tiempo que el usuario lleva sentado. Cuando el usuario lleva mucho tiempo sentado los picos del ratón imposibilitan al usuario el seguir trabajando provocando que el usuario se levante de su asiento. Pocas investigaciones en México, e inclusive en foros internacionales, han estudiado este concepto; principalmente, porque encontrar estas características únicas de los objetos no es tarea fácil y generalmente las metáforas del mundo real son poco trasladables a servicios digitales.

## **4.2. Proceso de diseño de interacción**

El proceso de DCH es altamente empírico permitiendo a los diseñadores tomar decisiones basados en el entendimiento que tenemos de los usuarios y el contexto en donde se utilizará el producto que se está diseñando. Durante este proceso se debe de tomar en cuenta para qué son buenas las personas para quienes se está diseñando el producto, considerar qué puede ayudar a las personas a incrementar la manera en que actualmente realizan sus tareas, y escuchar qué es lo que las personas quieren. De manera general, el proceso de diseño involucra cuatro actividades.

**Identificar las necesidades y establecer los requerimientos para la experiencia del usuario:** Esto se realiza mediante estudios empíricos que involucran el realizar entrevistas con los usuarios,

observar sus interacciones en su práctica diaria, y la aplicación de encuestas para verificar la representatividad de los datos. Los datos recabados se representan en modelos conceptuales y en narrativas que describen las necesidades, estrategias y metas de los usuarios potenciales.

**Desarrollar diseños alternativos que satisfagan estos requerimientos:**

Durante esta etapa y tomando en cuenta los datos empíricos que se recabaron se proponen alternativas de diseño. Estas alternativas son ideas iniciales que generalmente se plasman en bosquejos en papel para discutirse con los usuarios potenciales. Durante esta etapa los diseñadores y los usuarios potenciales reflexionan sobre las ventajas y desventajas de cada una de las ideas y seleccionan la idea que mejor satisfaga sus necesidades.

**Construir versiones interactivas de los diseños para ser comunicados**

**y evaluados:** Tomando en cuenta la idea seleccionada en esta etapa se especifica el diseño mediante la creación de escenarios de uso que muestran como el prototipo se utilizará en la práctica, y se realizan prototipos a diferentes niveles de fidelidad. Estos prototipos se utilizan para permitir al usuario final “interactuar” con diferentes versiones del diseño e imaginarse su uso en la práctica y en escenarios concretos.

**Evaluar lo que se está construyendo a través del proceso y la experiencia de usuario que ofrece:** Finalmente, en esta etapa se evalúa la usabilidad y experiencia de uso del prototipo que se diseña. Generalmente se utilizan técnicas cualitativas para realizar estudios exploratorios evaluados en el campo o técnicas cuantitativas que involucran la realización de experimentos en laboratorios de usabilidad, como se describe en mayor detalle más adelante en la sección de evaluación.

Existen diferentes ciclos de vida que indican el orden de estas actividades y cómo estas actividades están relacionadas unas con otras. Los ciclos de vida más comúnmente utilizados son dirigidos por modelos conceptuales y son altamente iterativos o secuenciales. Por ejemplo, el modelo simple de DCH, consta de las cuatro actividades antes mencionadas las cuales se pueden visualizar como los nodos de un grafo completo cuyo estado inicial es el establecimiento de requerimientos. De manera iterativa se ejecutan cada una de las actividades y se pueden realizar cuántas iteraciones se deseen. En contraste, el diseño contextual rápido (Holtzblatt, Wendell, & Woods, 2005) propone la realización de siete pasos que se realizan de manera secuencial. Los primeros cuatro pasos ayudan al diseñador a entender de mejor manera el espacio del problema, las necesidades de los usuarios finales, y el contexto de uso del sistema. Mientras, que los últimos tres pasos involucran la propuesta de alternativas de diseño y la especificación del diseño mediante escenarios



y prototipos a diferentes niveles de fidelidad que se discuten con los usuarios potenciales.

Si bien muchos de los trabajos que se realizan en México siguen alguno de estos ciclos de vida; la investigación en México también ha propuesto una metodología conocida como la de la guitarra (Martínez-García, Tentori, & Rodríguez, 2015; Muñoz, Gonzalez, Rodríguez, & Favela, 2003), por la forma en que están ordenadas sus actividades. Pero al contrario de los ciclos de vida antes mencionados, este ciclo de vida es dirigido por escenarios de uso y por un entendimiento inicial de la literatura.

Una vez que se tiene el diseño del sistema interactivo entonces se busca identificar la tecnología más adecuada para realzar el diseño propuesto. La investigación en IHC ha propuesto diferentes tecnologías y modelos de interacción que facilitan la implementación de los prototipos de diseño en sistemas interactivos robustos. A continuación se describen los avances de IHC en esta dirección.

### **4.3. Referencias**

Caro, K., Tentori, M., Martinez-Garcia, A. I., & Zavala-Ibarra, I. (2017).

FroggyBobby: An exergame to support children with motor problems practicing motor coordination exercises during therapeutic interventions. *Computers in Human Behavior*, 71(Journal Article), 479-498. doi: 10.1016/j.chb.2015.05.055

- Castro, L. A., Favela, J., Quintana, E., & Perez, M. (2015). Behavioral data gathering for assessing functional status and health in older adults using mobile phones. [journal article]. *Personal and Ubiquitous Computing*, 19(2), 379-391. doi: 10.1007/s00779-014-0825-9
- Escobedo, L., Ibarra, C., Hernandez, J., Alvelais, M., & Tentori, M. (2014). Smart objects to support the discrimination training of children with autism. [journal article]. *Personal and Ubiquitous Computing*, 18(6), 1485-1497. doi: 10.1007/s00779-013-0750-3
- González, V. M., & Mark, G. (2004). Constant, constant, multi-tasking craziness: managing multiple working spheres. Paper presented at the Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems.
- Holtzblatt, K., Wendell, J., & Woods, S. (2005). *Rapid Contextual Design*. San Francisco, CA, USA: Morgan-Kaufmann.
- Malizia, A., & Bellucci, A. (2012). The artificiality of natural user interfaces. *Communications of the ACM*, 55(3), 36-38.
- Martínez-García, A. I., Tentori, M., & Rodríguez, M. (2015). *Aplicaciones Interactivas para Salud*. In J. Muñoz Arteaga, M. González-Calleros & A. Sánchez (Eds.), *La Interacción Humano-Computadora en México*. Mexico: Pearson.

- Moran, A. L., Favela, J., Martinez, A. M., & Decouchant, D. (2001, 2001). Document presence notification services for collaborative writing. Paper presented at the 7th International Workshop on Groupware (CRIWG'01).
- Moreno Rocha, M. A., & Martinez Sandoval, C. A. (2014). Designing for sustainable development in a remote Mexican community. *Interactions*, 21(6), 76-79. doi: 10.1145/2675351
- Morteo, R., Gonzalez, V. M., Favela, J., & Mark, G. (2004, 24-24 Sept. 2004). Sphere Juggler: fast context retrieval in support of working spheres. Paper presented at the Proc. of the Fifth Mexican International Conference in Computer Science (ENC 2004).
- Muñoz, M. A., Gonzalez, V. M., Rodríguez, M., & Favela, J. (2003). Supporting Context-Aware Collaboration in a Hospital: An Ethnographic Informed Design, Berlin, Heidelberg.
- Muñoz, M. A., Rodriguez, M., Favela, J., Martinez-Garcia, A. I., & Gonzalez, V. M. (2003). Context-Aware Mobile Communication in Hospitals. *Computer*, 36(9), 38-46. doi: 10.1109/mc.2003.1231193
- Navarro, R. F., Rodríguez, M. D., & Favela, J. (2016). Use and Adoption of an Assisted Cognition System to Support Therapies for People with Dementia. *Computational and mathematical methods in medicine*, 2016.

Norman, D. (2013). *The design of everyday things*. London, UK: MIT Press.

Preece, J., Rogers, Y., & Sharp, H. (2002). *Interaction design: beyond human-computer interaction*: John Wiley & Sons.

Ramírez-Fernández, C., García-Canseco, E., Morán, A. L., Pabloff, O., Bonilla, D., Green, N., & Meza-Kubo, V. (2016). *GoodVybesConnect: A Real-Time Haptic Enhanced Tele-Rehabilitation System for Massage Therapy*, Cham.

Rogers, Y. (2011). Interaction design gone wild: striving for wild theory. *Interactions*, 18(4), 58-62.

Sánchez, J. A. (2014). Understanding Collections and Their Implicit Structures through Information Visualization. In M. L. Huang & W. Huang (Eds.), *Innovative Approaches of Data Visualization and Visual Analytics* (pp. 151-175): Information Science Reference.

Tentori, M., Escobedo, L., & Balderas, G. (2015). A Smart Environment for Children with Autism. *IEEE Pervasive Computing*, 14(2), 42–50.

Vizcaíno, A., Contreras, J., Favela, J., & Prieto, M. (2000). *An Adaptive, Collaborative Environment to Develop Good Habits in Programming*, Berlin, Heidelberg.

Winograd, T. (2003). From Computing Machinery To Interaction Design. Beyond Calculation: the next fifty years of computing. Amsterdam: Springer-Verlag, 149-162.

## **Capítulo 5**

### **Evaluación**

Jesús Favela, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE)

Hasta mediados de los 80s mucha de la investigación en IHC, como en otras áreas de la computación, era ingenieril o de construcción (build methodology), en la que se proponen nuevos dispositivos de entrada o salida, sistemas, o nuevos modos de interacción y probar que funcionaran era suficiente para que el trabajo fuese publicable. Gradualmente en la comunidad fue permeando la necesidad de aportar mayor evidencia de que el dispositivo o técnica propuesta fuese, además de factible, efectivo, eficiente, y/o usable. Hoy en día, tanto en la investigación, como en la práctica profesional en IHC, el uso de técnicas de evaluación es una constante, y obtener competencia en estas técnicas debe formar parte de la currícula de un profesional del área.

La evaluación del trabajo en IHC ha contribuido a la formación de un cuerpo de conocimiento en el área. Evaluar la interacción entre el humano y la computadora permite generalizar resultados y establecer principios de diseño generales. También da pie a la creación de teorías del comportamiento humano relevantes a su interacción con tecnologías de información. Teorías que permiten explicar o predecir el resultado de

dichas interacciones para entender la razón por la que, por ejemplo, la interacción por voz puede resultar adecuada para interactuar con el dispositivo de navegación (GPS) de un automóvil, pero no en un ambiente de oficina en el que se encuentran otras personas. Evaluar también nos permite probar ideas, visiones o hipótesis. Operar los aparatos electrodomésticos en un hogar por medio de gestos puede parecer una idea interesante, pero si hacer el gesto toma más tiempo o genera más errores que presionar el botón del dispositivo, puede no resultar práctico. Sólo por medio de una evaluación somos capaces de responder con precisión estas preguntas. Finalmente, resultados de evaluación en IHC han ayudado a establecer principios y guías de diseño que permiten a profesionales del área diseñar nuevas aplicaciones utilizando las mejores prácticas, sin tener que recurrir a prueba y error.

Las técnicas de evaluación en IHC pueden utilizarse en distintas tareas. Durante el desarrollo de sistemas se pueden utilizar para entender a los potenciales usuarios, así como las tareas que realizan. El diseño de un sistema que será utilizado por un médico, un controlador aéreo o un estudiante de primaria debe tomar en cuenta las capacidades y limitaciones del usuario. Por ejemplo, si tiene atención dividida por estar realizando varias tareas a la vez, si tiene que tomar decisiones en poco tiempo o requiere una explicación detallada. Además de los usuarios directos del sistema, otros individuos pueden verse afectados por la interacción con el sistema. Por ejemplo, un estudio de uso de expediente electrónico fue evaluado positivamente por médicos durante sus

consultas. Sin embargo, los pacientes percibían que la calidad de la consulta se veía afectada ya que el médico pasaba más tiempo mirando a la computadora que a ellos, lo que ellos interpretaban como falta de interés del médico sobre su caso.

En lo que respecta a la etapa en la que se realiza la evaluación, esto puede ser al inicio con el propósito de concebir el sistema o informar su diseño. Durante la etapa de diseño, una evaluación de carácter formativo permite obtener retroalimentación temprana, incluso con prototipos de baja fidelidad, como dibujos o maquetas no funcionales. Otras técnicas pueden utilizarse durante el desarrollo con prototipos más avanzados para identificar problemas concretos de usabilidad. Finalmente, después de liberado un sistema se pueden hacer pruebas de aceptación e identificar recomendaciones de cambios a realizar a una segunda versión del sistema.

Estudios de usuarios también pueden ser utilizados para identificar problemas en la forma en que un individuo realiza una tarea. Ya sea utilizando un sistema computacional, o no. Lo primero puede ayudar a diseñar un mejor sistema, lo segundo abre la oportunidad al desarrollo de nuevos sistemas de soporte a dicha tarea. Evaluar un sistema en uso permite identificar las fuentes comunes de errores y las operaciones que demandan más tiempo al usuario, de manera que un rediseño a la interface del sistema permita hacer más eficiente su uso.



En investigación en IHC, la evaluación nos permite probar hipótesis y descubrir principios generales de diseño. Los vertiginosos avances en nuevas formas de interacción dan origen a nuevas preguntas de investigación y al constante planteamiento de nuevas hipótesis. Algunas preguntas de investigación relevantes a nuevos avances en formas de interacción incluyen: ¿Cómo debe dar retroalimentación por voz un robot de servicio cuando no entiende el comando que recibe, para facilitar la aceptación de la tecnología? ¿Qué capacidad tiene el ser humano para distinguir distintos patrones de vibración producidos por un reloj inteligente de manera que pueda asociarlos a la persona que le llama? ¿Cómo perciben terceros los riesgos a su privacidad cuando un individuo utiliza unos lentes inteligentes que son capaces de tomar fotografías de su entorno? ¿Qué estrategia de comunicación debe adoptar un agente inteligente que pretende motivar a un individuo a cambiar de comportamiento, por ejemplo, dejar de fumar?

En IHC se han desarrollado y adaptado distintas técnicas de evaluación usadas en otras áreas de investigación. Dado que la persona es un elemento fundamental de la interacción, no es de extrañarse que muchas de las técnicas de evaluación en IHC tengan sus orígenes en la psicología, la sociología y la antropología.

Técnicas usadas para recabar información de usuarios incluyen el uso de Cuestionarios, que permiten obtener información específica de muchos sujetos; Entrevistas, que ayudan a establecer el contexto del

usuario, pudiendo ser entrevistas estructuradas, semi-estructuradas, o no-estructuradas. Estas últimas se basan en preguntas abiertas y el flujo de la conversación depende de las respuestas que da el entrevistado. Este formato permite generar datos cualitativos y obtener un entendimiento más profundo del contexto de uso de la tecnología. Por otro lado, el Grupo focal, permite recabar opiniones de un grupo de personas relacionadas con sus necesidades, es particularmente útil para encontrar puntos de coincidencia y en los que hay visiones alternativas. Finalmente, la Observación permite ver al usuario y las tareas que realiza en el contexto en la que las lleva a cabo. La observación permite recabar información que difícilmente puede ser obtenida de otra forma, el individuo observado incluso puede no estar consciente de ciertos aspectos de la tarea que realiza, o la forma en que esta puede ser mejorada. Un ejemplo de esto es el escenario mencionado arriba en el que un médico utiliza un expediente médico durante la consulta sin darse cuenta de que el paciente se siente ignorado porque el médico parece estar más atento a la computadora que a él.

En lo que respecta a los métodos de análisis de la información recabada por medio de cuestionarios, entrevistas, grupos focales y/o observación, éstos pueden ser divididos en métodos cuantitativos y métodos cualitativos.

### **5.1. Métodos cuantitativos para evaluación**

Los métodos cuantitativos se basan en el planteamiento de hipótesis derivadas de preguntas de investigación. Para probar estas hipótesis se

diseña un experimento, se realiza el experimento con la participación de usuarios (por ejemplo, utilizando dos interfaces de usuario diferentes), se obtienen datos y se analizan utilizando técnicas estadísticas, notablemente, pruebas de hipótesis. Los resultados son discutidos, contrastados con la literatura y, en lo posible, generalizados.

Un ejemplo de un estudio utilizando métodos cuantitativos consiste en la evaluación de protocolos de asistencia a llamadas de emergencia, utilizando diferentes medios (Castro, Favela, & García-Peña, 2014). Por una parte, se compara el uso de protocolos en papel con protocolos disponibles en una aplicación desarrollada para teléfonos inteligentes. Esto se hace en tres condiciones distintas, cuando la enfermera que sigue el protocolo y el paciente que solicita la asistencia se encuentran en el mismo lugar, cuando la interacción se realiza por teléfono y cuando se hace por videoconferencia. La evaluación se realizó en condiciones controladas, en un laboratorio y con la participación de 12 enfermeras familiarizadas con los protocolos de atención. Para asegurar que todas las enfermeras en las distintas condiciones recibieron el mismo estímulo, los pacientes fueron actores que seguían un script cuando solicitaban la asistencia. Las variables que se midieron durante las consultas incluyeron el tiempo de la consulta, la ruta de navegación en el protocolo de atención, las pausas en la conversación, el número de veces en que la enfermera y el paciente hacían contacto visual (excluyendo la condición de teléfono) y la eficacia de la consulta, en términos de si la enfermera siguió el protocolo adecuadamente y realizó la recomendación correcta.

El estudio cuenta con dos variables independientes: Tipo de protocolo (papel o teléfono inteligente) y Medio de comunicación (presencial, teléfono y videoconferencia). El análisis de resultados se basó en una prueba de hipótesis utilizando análisis de varianza (ANOVA). Entre los resultados encontrados por teléfono se cometieron menos errores de navegación en el protocolo, hubo menos contacto visual en las sesiones presenciales que por videoconferencia, pero no hubo diferencia significativa entre las distintas condiciones en lo que respecta a lo adecuado de la recomendación que realiza la enfermera siguiendo el protocolo.

## **5.2. Métodos cualitativos para evaluación**

Por otra parte, los métodos cualitativos se basan en el análisis de información recabada principalmente de observación y entrevistas semi-estructuradas o no-estructuradas. Se parte de una pregunta de investigación abierta y el análisis es más bien exploratorio, a diferencia de las técnicas cuantitativas que buscan probar una hipótesis concreta. Las técnicas cualitativas permiten generar un mayor entendimiento del problema de estudio, sin partir de una idea preconcebida o sesgo. Un posible resultado de aplicar un método cualitativo es la generación de hipótesis que puede dar pie a una evaluación cuantitativa posterior. En contraste con los métodos cuantitativos, una evaluación cualitativa generalmente involucra a pocos sujetos. Esto da pie al uso de Métodos Mixtos, que combinan ambos tipos de métodos. Esto permite

complementar las fortalezas de ambos tipos de técnicas e combatir sus debilidades.

Para ejemplificar el uso de métodos cualitativos tomemos como ejemplo un trabajo que describe un estudio realizado en México sobre la percepción del envejecimiento y el uso de tecnología (Juárez, González, & Favela, 2018). El estudio consistió en una intervención en la que 6 adultos mayores utilizaron cuatro paradigmas tecnológicos novedosos para ellos (un celular inteligente, un sistema de red social, un dispositivo para leer libros electrónicos, y un dispositivo vestible para monitorear actividad física). Se realizaron entrevistas semi-estructuradas cada dos semanas con los participantes durante la duración del estudio. El análisis cualitativo de la información recabada durante las entrevistas se realizó utilizando la técnica de Teoría Fundamentada. Como resultado del análisis se produjo un modelo para explicar el fenómeno del efecto del uso de la tecnología en la percepción de envejecimiento que fue comparado con otros marcos teóricos reportados en la literatura. Se encontró que el uso de la tecnología produce una serie de efectos positivos en la auto-percepción de los adultos mayores. Los informantes consideraron que el uso de tecnología los hacía sentirse más jóvenes, activos e independientes. También reportaron que perciben el uso de tecnología como una ayuda para mantenerse socialmente activos.

Los distintos grupos que realizan investigación en IHC en México han desarrollado infraestructura para apoyar la evaluación de dispositivos

y modos de interacción. Uno de los primeros esfuerzos en este sentido es el Laboratorio de Tecnologías Interactivas y Cooperativas,<sup>14</sup> en la Universidad de las Américas Puebla, establecido en 1996. Destaca también el *Usability Laboratory* (UsaLab) en la Universidad Tecnológica de la Mixteca (Moreno Rocha & Hernandez Martinez, 2008). Estos laboratorios incluyen una cámara Gessel, un área de observación, un área de uso, así como equipo y software especializado. Además de actividades de investigación, han sido utilizados para hacer evaluaciones de usabilidad con la industria. Otro caso a resaltar es el laboratorio viviente *Life at a Pie* (*Living at a Pervasive Interaction Environment*<sup>15</sup>) (Tentori, Escobedo, & Balderas, 2015). Un laboratorio viviente consiste de un entorno de uso diario que tiene equipo embebido que facilita la integración y evaluación de nuevas tecnologías. *Life at a Pie* es una escuela-clínica inteligente para niños con autismo establecido en el 2012 en la ciudad de Tijuana. Tiene por objetivo desarrollar y evaluar intervenciones innovadoras por medio de tecnología de cómputo ubicua en apoyo a los niños con autismo y el personal de la escuela. Varios salones y laboratorios de la escuela han sido equipados con sensores y pantallas situadas en apoyo a intervenciones basadas en tecnología. Un registro electrónico de comportamientos es utilizado para grabar y monitorear comportamientos de los niños, de manera de evaluar la eficacia de las intervenciones. La integración de la tecnología en la

---

<sup>14</sup> Laboratorio de Tecnologías Interactivas y Cooperativas: <http://ict.udlap.mx>

<sup>15</sup> <http://www.pasitos.org/>

escuela ha facilitado la participación de las maestras y los niños en el co-diseño de las tecnologías, así como en su evolución.

Un área de investigación activa en IHC consiste en proponer nuevas técnicas de evaluación o adecuarlas a nuevos entornos o circunstancias. Un ejemplo de dicho trabajo es la propuesta metodológica llamada *Naturalistic Enactment* (Castro et al., 2011). Misma que propone un método para la evaluación formativa de interacción en condiciones naturales, en ambientes críticos, como los de cuidado a la salud, y en condiciones controladas.

### **5.3. Referencias**

Castro, L. A., Favela, J., Garc, C., #237, a-Pe, & #241. (2011).

Naturalistic enactment to stimulate user experience for the evaluation of a mobile elderly care application. Paper presented at the Proceedings of the 13th International Conference on Human Computer Interaction with Mobile Devices and Services, Stockholm, Sweden.

Castro, L. A., Favela, J., & García-Peña, C. (2014). Effects of communication media choice on the quality and efficacy of emergency calls assisted by a mobile nursing protocol tool. *Computers, informatics, nursing : CIN*, 32 11, 550-558.

Juárez, M. R., González, V. M., & Favela, J. (2018). Effect of technology on aging perception. *Health Informatics Journal*, 24(2), 171-181. doi: 10.1177/1460458216661863

Moreno Rocha, M. A., & Hernandez Martinez, D. (2008). UsaLab: the experience of a usability lab from the Mexican perspective. Paper presented at the Proc. of the 22nd British HCI Group Annual Conference on People and Computers: Culture, Creativity, Interaction - Volume 2, Liverpool, United Kingdom.

Tentori, M., Escobedo, L., & Balderas, G. (2015). A Smart Environment for Children with Autism. *IEEE Pervasive Computing*, 14(2), 42–50.



**Parte II**  
**Investigación en México**

## Capítulo 6

### Laboratorios vivientes inteligentes para el diseño centrado en el usuario: el caso de Pasitos

Lizbeth Escobedo, CETYS Universidad

Mónica Tentori, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE)

Franceli L. Cibrian, Universidad de California en Irvine (UCI)

#### 6.1. Introducción

Los ambientes dedicados al cuidado de poblaciones vulnerables, como hospitales y clínicas-escuelas, se pueden beneficiar del uso de tecnología penetrante (*Pervasive Technology*, en inglés) integrada en laboratorios inteligentes para apoyar a sus usuarios en retos asociados a su movilidad, colaboración y comportamiento (Bardram and Christensen 2007; J A Kientz et al. 2007; Intille 2002). Sin embargo, la instalación de laboratorios inteligentes en estos ambientes difíciles no es una tarea fácil. La mayoría de los pacientes habitando en estos ambientes enfrentan diferentes retos cognitivos y de comportamiento que dificultan la instalación de tecnología innovadora.

En particular, las clínicas-escuelas especializadas en el cuidado de niños con autismo son ambientes apropiados para el estudio a largo plazo del uso de ambientes inteligentes. Primero, las intervenciones

terapéuticas requieren la continua repetición de tareas que los niños con autismo encuentran difícil y aburrida exhibiendo un mal comportamiento y poca adherencia a dichas intervenciones. El uso de juegos serios y tecnología innovadora pueden mantener el enganche de los niños durante la terapia y mejorar su adherencia.

Segundo, los pizarrones que se utilizan dentro del salón de clases no son interactivos dificultando el manejo de comportamiento y la transición de actividades, por lo que el uso de pantallas ambientales y tecnología interactiva puede apoyar a las maestras dentro del salón de clases para facilitar la instrucción académica. Tercero, el diagnóstico clínico demanda la observación directa y el registro manual de comportamientos que puede facilitarse mediante la tecnología de monitorización.

En este capítulo se describe nuestra visión de la escuela-clínica del futuro como un ambiente altamente interactivo saturado de sensores, actuadores y pantallas novedosas embebidas en el espacio físico, e integradas con tecnologías de comunicación avanzada para apoyar las intervenciones terapéuticas y currículos escolares dedicados a facilitar el desarrollo infantil. En este capítulo, se describe nuestra experiencia en la instalación, diseño y evaluación de un ambiente inteligente que apoya las necesidades de niños con autismo. Este ambiente inteligente está instalado en Pasitos, un centro psicopedagógico localizada en Tijuana, México y especializado en el cuidado de niños con autismo, donde 15 maestros-psicólogos atienden a cerca de 60 niños con autismo con edades

entre 3 y 21 años. En este ambiente inteligente se utiliza realidad aumentada, pantallas ambientales, superficies elásticas, tecnología móvil y tangible, hologramas interactivos, y juegos serios basados en movimiento para proporcionar guía paso-a-paso durante la ejecución de las actividades de la vida diaria<sup>16</sup>, apoyar en la instrucción dentro del salón de clases, y facilitar las terapias cognitivas, sensoriales y motoras de niños con autismo. Esta laboratorio viviente inteligente se ha convertido en el primer laboratorio viviente en autismo en México, que bajo la filosofía de “conecte y funcione” facilita la integración natural de prototipos de investigación en ambientes reales, y facilita la recolección de datos de un gran número de usuarios potenciales sin la necesidad de continuamente enfrentar los problemas prácticos y técnicos de ejecución de estudios *en sitio* –e.g., reclutamiento de participantes, mantenimiento e instalación de equipo de cómputo, y configuración y acceso a redes de comunicación.

## **6.2. Diseñando bienestar para una población con problemas cognitivos**

Por los últimos cinco años, seguimos una metodología iterativa y centrada en el usuario utilizando múltiples métodos de diseño para proponer diferentes prototipos e implicaciones de diseño (ver Tabla 6-1).

---

<sup>16</sup> Las actividades de la vida diaria es un término utilizado en salud para referirse a las actividades de cuidado personal como comer, vestirse, bañarse, entre otras.

		Cognitiva		Salón de clases	Sensomotriz		Total
		MOBIS	FarmerKep per	BxBalloons	SensoryPain t	BendableSound	
Estudios formativos	Fecha	2010	2017	2012	2012	2015	5
	Duración (semanas)	13	4	9	9	10	45
	Entrevistas (#)	13	4	9	9	12	47
	Observación (hrs)	75	6	4	4	10	99
	Sesiones de diseño (#)	2	8	5	5	10	30
Estudios sumativos	Fecha	2012	2018	2014	2014	2017	5
	Duración (semanas)	7	11	7	7	8	40
	Usuarios	19	30	17	17	22	105
	Grupos focales (#)	17	0	8	8	0	33
	Entrevistas (#)	0	4	0	0	44	48
	Observación (hrs)	42	78	17	18	37	192

**Tabla 6-1.** Resumen de la recolección de datos durante los estudios formativos y sumativos que se realizaron para diseñar los prototipos de manera iterativa con un equipo multidisciplinario con experiencia en educación especial, autismo, interacción-humano computadora, cómputo ubicuo, y diseño de interacción. Estas tecnologías se utilizan en Pasitos hasta la fecha.

Durante este tiempo y hasta la fecha, hemos diseñado, desarrollado y evaluado prototipos de tecnología penetrante para mejorar diferentes dimensiones del ciclo de terapia de niños con autismo. En este artículo presentamos cinco de estos prototipos.

### **6.2.1. Terapias cognitivas**

La mayoría de los niños con autismo presentan numerosas deficiencias cognitivas. Durante el entrenamiento cognitivo, los maestros-psicólogos en Pasitos llevan a cabo ensayos repetitivos en los que un objeto se presenta al estudiante con un objetivo cognitivo. Los maestros regularmente utilizan objetos reales y se apoyan con soportes visuales interactivos y ayudas cognitivas para apoyar a los alumnos a alcanzar sus objetivos cognitivos. Las tecnologías de realidad aumentada (RA), con la capacidad de integrar el mundo físico con el digital podrían ofrecer un nuevo tipo de soporte físico capaz de integrar los beneficios de los soportes visuales interactivos y los basados en papel (Escobedo et al. 2014)

Para la detección de objetos se desarrolló MOBIS (Figura 6-1, (Escobedo et al. 2014)), un sistema de RA que permite a los maestros superponer contenido digital, incluyendo texto, mensajes grabados en audio y formas visuales (por ejemplo, círculos), sobre objetos físicos reales para las terapias cognitivas. Primero, los maestros usan su tableta para crear una base de datos de imágenes y asociarles contenido digital (Figura 6-1, arriba). Luego, los maestros con la tableta seleccionan el objeto que los niños van a utilizar en la terapia para discriminar, y monitorean las respuestas de los estudiantes en cada ensayo (Figura 6-1, abajo). Posteriormente, los niños usan su teléfono inteligente para buscar el objeto físico que le indicó la maestra, usándolo como un "visor" para

descubrir el contenido digital etiquetado sobre el objeto (Figura 6-1, derecha).



**Figura 6-1.** Maestros y estudiantes de Pasitos usando MOBIS: Una maestra, subiendo fotos y etiquetando objetos (Izquierda arriba); Una maestra monitorizando las respuestas de los estudiantes (Izquierda abajo); Un estudiante usando un teléfono inteligente para descubrir contenido digital encima de la tarjeta donde se muestra un perro (Derecha).

Para reconocer objetos, se usó el algoritmo SURF para extraer puntos de interés (PI) de las imágenes. Este algoritmo necesita una base de datos de PI de un conjunto de imágenes que luego se usarán para compararlas con la imagen fuente. Los maestros usan una GUI (Figura 6-1, izquierda arriba) para crear la base de datos de imágenes. Para agregar una etiqueta a la imagen, los maestros seleccionan un objeto de interés de las imágenes almacenadas en la base de datos y asocian el contenido digital que se superpone a dicho objeto. MOBIS mostrará después este contenido digital como una ayuda superpuesta sobre el objeto de interés (Figura 6-1, derecha).

Por otro lado, las terapias de neuro-retroalimentación han mostrado resultados clínicos prometedores en la mejora de los problemas de atención de los niños con autismo. Trabajos recientes en Interacción Humano-Computadora han mostrado que controlar juegos serios usando Interfaces cerebro-computadora (BCI por sus siglas en inglés Brain Computer Interfaces) puede apoyar las terapias de neuro-retroalimentación que promueven la autorregulación de los patrones de ondas cerebrales.

Para apoyar terapias de Neuro-retroalimentación, desarrollamos FarmerKeeper (Mercado, Escobedo, and Tentori 2018), un juego serio controlado por un BCI diseñado para las necesidades de los niños con autismo. En el juego, el objetivo es ayudar a un corredor a buscar los animales de granja perdidos para llevarlos a sus corrales (Figura 6-2). FarmerKeeper utiliza una diadema cerebral de uso comercial para leer la actividad cerebral y detectar los niveles de atención del usuario, que cuando se supera un umbral de nivel de atención aumenta la velocidad del corredor.





**Figura 6-2.** La interfaz de Farmerkeeper, donde el pequeño granjero va recolectando puerquitos en su tractor.

Como BCI se usó la diadema *BrainLink* ya que es fácil de configurar y su *ThinkGear*<sup>TM</sup> Chip interno mide la atención en la escala de 0 a 100 a una frecuencia de 1Hz. La arquitectura de *FarmerKeeper* tiene dos nodos: un nodo representa el dispositivo BCI utilizado para medir la actividad cerebral del usuario; y el segundo nodo es el responsable de ejecutar la mecánica del juego serio (Figura 6-2). *FarmerKeeper* se implementó como un juego 2d en C# usando Unity<sup>17</sup>.

El objetivo del juego es mantener la atención de los niños por encima de un umbral para controlar a un corredor (*i.e.*, pequeño granjero) que

---

<sup>17</sup> Unity - <https://unity3d.com/>

está buscando animales perdidos que los lleven a sus corrales. Al comienzo del juego, un agricultor adulto le dice al niño que hubo una tormenta que asustó a los animales que escaparon de sus corrales y se perdieron. Este agricultor desempeña el papel del terapeuta dentro del juego, dando instrucciones visuales y verbales para mantener al niño motivado y centrado, y ayudando al niño a mantener la postura correcta durante todo el juego. El pequeño granjero es el avatar del usuario. El pequeño granjero maneja un camión para buscar a los animales perdidos para devolverlos a sus corrales. La atención del niño se captura por medio de la diadema cerebral BCI, que controla la velocidad del camión, de acuerdo con un umbral definido por el terapeuta al comienzo de la actividad. Este umbral se puede usar para aumentar la dificultad del juego serio BCI de acuerdo con el progreso del niño a través de la terapia.

### **6.2.2. Pantallas situadas dentro del salón de clases para promover comportamientos positivos**

Los niños con autismo exhiben problemas de comportamiento inapropiados que frecuentemente pueden ser disruptivos y peligrosos. El manejo de comportamiento de niños con autismo en Pasitos involucra la auto-reflexión. Las pantallas situadas y ambientales pueden apoyar esta auto-reflexión proporcionando conciencia de los comportamientos de los niños dentro del salón de clases por un periodo de tiempo (Rogers et al. 2010; Nakajima et al. 2008).

En tres salones de clases de pasitos, instalamos BxBalloons (Figura 6-3), una pantalla ambiental situada que proporciona conciencia del comportamiento de los niños, tanto de manera individual como colectiva. La meta de BxBalloons es ayudar a dos niños pilotos a viajar por los cinco continentes del mundo en un globo aerostático cada continente representa un día de la semana, y cada estudiante en el salón de clases controla un globo aerostático. El globo se desinfla si el estudiante se porta mal. La meta es mantener el globo con suficiente aire para llegar al siguiente continente. A un nivel colectivo, si 80% de los globos no llegan al siguiente continente, todos los globos se desinflan y los estudiantes deben de iniciar de nuevo su viaje. Las condiciones climáticas afectan la velocidad del globo cambiando el cielo de soleado a nublado y lluvioso en función a la cantidad de gritos que se detectan en el salón de clases. Cada estudiante usa un sensor de actividad *Fitbit* que infiere los movimientos atípicos de los usuarios, los cuáles se reconocen como malos comportamientos. Las maestras suplementan esta información registrando de manera manual el comportamiento de los usuarios en una tableta que ejecuta el expediente de comportamiento electrónico –una aplicación web que guarda los comportamientos de los usuarios.

Para reconocer los gritos, un algoritmo filtra la señal utilizando técnicas de Fourier y calcula la entropía del sonido para extraer las características del ruido del ambiente y detectar si el sonido excede de un umbral.



**Figura 6-3.** Las maestras y los estudiantes utilizando BxBalloons dentro de un salón de clases de Pasitos: Una maestra utilizando el expediente de comportamiento electrónico en una tableta para registrar el comportamiento de los estudiantes (izq-abajo); Los globos aerostáticos de seis estudiantes volando de América a África (arriba-derecha). Las caritas felices y en color verde representan niños con buen comportamiento mientras los globos naranjas representan comportamiento regular, y los globos rojos y desinflados representan mal comportamiento.

### 6.2.3. Terapias sensomotrices

La mayoría de los niños con autismo carecen de conciencia corporal, desordenes sensoriales y tienen problemas motrices (e.g., tienen problemas para controlar su fuerza). Las terapias sensoriales en Pasitos

requieren la práctica continua y la repetición de diferentes ejercicios de coordinación y motricidad gruesa complementadas con terapias del espejo y musicoterapia. En las terapias del espejo, los niños mueven su cuerpo enfrente de un espejo para ayudarlos a ganar conciencia corporal y desarrollar habilidades motrices (Goh, Ang, and Tan 2008). En las sesiones de musicoterapia, los terapeutas usan los instrumentos musicales para guiar el punto de inicio y fin de los movimientos de los pacientes (Mertel 2014).

Las superficies interactivas tienen la capacidad de agregar contenido multisensorial, abstraerlo o limitarlo para solo mostrar la información relevante y apoyar el proceso de integración sensorial en niños con autismo (Julie A. Kientz et al. 2013), por lo que han sido usadas de manera exitosa como terapias sensoriales (Ringland et al. 2014; Cibrian et al. 2017). Imitando estas terapias, se desarrollaron dos superficies interactivas: SensoryPaint y BendableSound. Ambas ayudan a los niños a mantener la atención en los movimientos de su cuerpo usando estímulos sensoriales y motivando las repeticiones de movimientos.

SensoryPaint (Ringland et al. 2014) es una herramienta de pintura interactiva que muestra el reflejo superpuesto del usuario encima de una proyección de espejo que se proyecta en la pared (Figura 6-4, arriba). El color del reflejo del usuario cambia de rojo a verde para mostrar la proximidad con la proyección. Los usuarios también pueden utilizar

pelotas de varios tamaños texturizadas como pinceles para dibujar en forma libre o con un dibujo que se muestra como plantilla.



**Figura 6-4.** Prototipo de superficies interactivas multisensoriales para el apoyo sesiones de musicoterapia y terapias del espejo. Una captura de pantalla del sistema SensoryPaint mostrando la protección del espejo (arriba-izquierda). Un niño usando SensoryPaint para colorear una estrella (arriba-derecha). Un participante jugando empando BendableSound para descubrir las animaciones y sonidos (abajo-izquierda). Un participante moviendo una nave espacial para escuchar sonidos de piano (abajo- derecha).

SensoryPaint usa el sensor *Kinect* y técnicas de visión por computadora para reconocer las interacciones de los usuarios, la trayectoria de la pelota y su ubicación (Figura 6-4). Primero, el sistema

transforma las imágenes de RGB a HSV (Figura 6-5b). Posteriormente se segmentan usando un umbral (Figura 6-5c). El sistema entonces reduce el ruido, aísla los píxeles que no corresponden al objeto original (Figura 6-5d) y elimina los puntos que no coinciden. Finalmente, el centroide de la pelota se calcula utilizando el momento de la imagen y se usa para determinar donde pintar la línea calculando la distancia euclidiana entre dos puntos (Figura 6-5e).

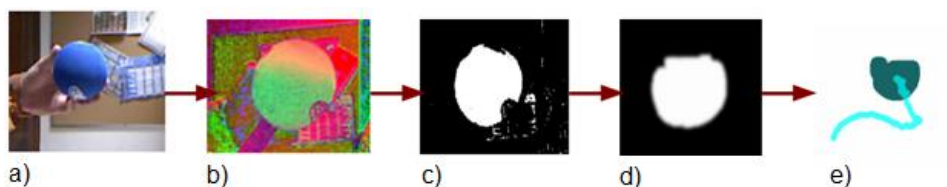
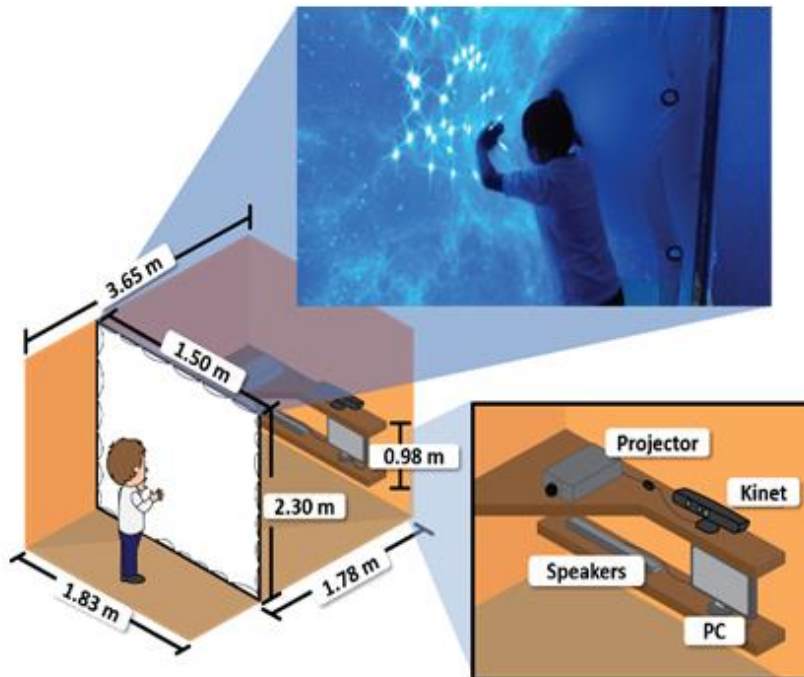


Figura 6-5. Transformaciones para detectar la posición de la pelota. De izquierda a derecha: (a) la imagen original RGB, (b) la imagen transformada a HSV, (c) la imagen segmentada, (d) la imagen después de la reducción de ruido, (e) la ubicación del centroide

MúsicaFlexible es una superficie elástica formada por una tela de licra táctil e interactiva que permite a los niños con autismo crear sonidos cuando tocan, golpean o pellizcan la tela (Figura 6-6). Los sonidos musicales están ordenados ascendentemente y tiene visualizaciones en forma de un fondo en 3D de color azul neón oscuro con una animación de nebulosas y elementos espaciales translúcidos como cohetes o planetas. MúsicaFlexible cuenta con actividades abiertas, donde le niño de manera libre puede descubrir la nebulosa del espacio y actividades estructuradas donde el niño tiene que catapultar un cohete para obtener notas musicales usando variaciones de ritmo y fuerza.



**Figura 6-6.** Una representación del cuarto de MúsicaFlexible mostrando la instalación del hardware y software.

MúsicaFlexible utiliza una estructura de PVC de  $1.5 \text{ m}^3$  donde se coloca la tela de licra. Detrás de la tela se usa un *Kinect* para detectar las interacciones de los usuarios, un proyector de corto alcance para mostrar las animaciones y bocinas para reproducir los sonidos. Este hardware está conectado a una computadora que ejecuta la dinámica de juego (Figura 6-6).

### 6.3. Evaluando el ambiente inteligente

Realizamos las evaluaciones de todos los prototipos presentados (Tabla 6-1).

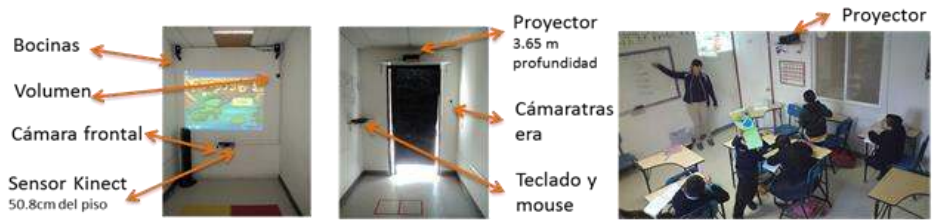


### **6.3.1. Preparación y entrenamiento**

Llevamos a cabo un conjunto de talleres con los padres de familia de los participantes involucrados en los estudios donde mostramos cómo usar cada prototipo y explicamos los beneficios potenciales y el plan de estudio. En estos talleres los padres usaron los prototipos, hicieron preguntas y dieron su consentimiento para participar en el estudio. Pasitos cambió su horario escolar y plan de estudios para incluir específicamente el uso de nuestros prototipos como intervenciones terapéuticas.

### **6.3.2. Instalación de hardware y software**

Equipamos cada aula de Pasitos con una cámara de video y 3 tabletas con *Android*: dos utilizadas por los maestros y una conectada a un proyector multimedia a través de Google *Chromecast*. También dimos *Fitbits* a cada niño en dos aulas que usaban *BxBalloons*. La pantalla situada en el salón de clases estaba ubicada al lado del pizarrón, y la cámara de video estaba ubicada en la esquina del aula (Figura 6-7, derecha). Las tabletas se conectaban de forma inalámbrica a un servidor que almacenaba la base de datos que administraba el EBR (*Electronic Behavior Record*) - una aplicación web que almacena una colección sistemática de información de comportamiento de los estudiantes - y ejecutaba los servidores para los prototipos móviles. Las versiones de cliente de los prototipos móviles se instalaron en todas las tabletas.



**Figura 6-7.** Una imagen de la cámara trasera con vista a la proyección multimedia del cuarto de terapias sensomotrices, la bocinas, y el *Kinect* de Microsoft (Izquierda); Una imagen de la cámara frontal mostrando la entrada al cuarto de terapias sensomotrices, la ubicación del proyector multimedia, el teclado y el mouse (centro); Una imagen de la cámara de video instalada en un salón de Pasitos mostrando la ubicación de la pantalla (derecha).

Se equipó la sala de juegos con un sensor *Kinect*, un par de bocinas, un proyector multimedia, dos cámaras de video, un teclado y un ratón (Figura 6-7). El sensor *Kinect* rastrea los movimientos del cuerpo del usuario y las bocinas reproducen los sonidos y la música disponible de los sistemas. La cámara colocada en el frente de la sala monitorea las interacciones del usuario, mientras que la que está en la parte posterior monitorea las reacciones y movimientos de los usuarios. El teclado y el ratón controlan un servidor ubicado detrás de la pared de proyección que ejecuta nuestros sistemas.

Todas las cámaras están conectadas de forma inalámbrica a una unidad de almacenamiento conectada a la red de datos y todos los prototipos están conectados al EBR. Todos los prototipos tienen su propia interfaz, de preferencias donde los participantes configuran los objetivos de la terapia, el nivel de ayudas y el tipo de recompensas.

### **6.3.3. Captura de datos y análisis**

En una semana calibramos cada uno de los prototipos instalados ajustando la configuración de cada aplicación a las necesidades de cada usuario y personalizando algunos elementos de los modos de interacción y el diseño de la interfaz para adaptarlos a los intereses de los niños.

Las terapias se grabaron automáticamente en video. Aunque planeamos las evaluaciones para cada prototipo para aproximadamente dos meses, Pasitos adoptó todos los prototipos y se utilizan de forma continua hasta la fecha. Sin embargo, capturamos datos solamente durante los primeros 2 meses de uso de cada prototipo. Durante estos dos meses, llevamos a cabo entrevistas semanales con los maestros y algunos estudiantes verbales preguntándoles sobre qué les había parecido el uso del sistema y cómo el prototipo impactó sus prácticas actuales, particularmente la atención y el comportamiento (Tabla 6-1). Después de estos primeros dos meses de uso y hasta la fecha, hemos estado conduciendo grupos focales mensuales de seguimiento con maestros y algunos estudiantes verbales discutiendo temas relacionados con la adopción de tecnología y usos interesantes que surgieron del uso a largo plazo de nuestro Laboratorio viviente inteligente.

El análisis de datos utilizó un enfoque de método mixto. Para analizar nuestros datos cualitativos, utilizamos técnicas para derivar la teoría fundamentada y diagramas de afinidad (por ejemplo, codificación abierta y axial). Usando estas técnicas, citas o eventos obtenidos de entrevistas y

videos grabados, se agruparon para descubrir temas emergentes relacionados con el uso y la adopción del sistema, y las áreas de desarrollo impactadas por nuestro Laboratorio viviente inteligente, incluyendo la atención, el funcionamiento motor, la socialización y el comportamiento.

Para analizar nuestros datos cuantitativos, utilizamos técnicas inspiradas en el método de observación estructurada de Mintzberg y el análisis secuencial para estimar, para cada participante en cada condición, las estadísticas totales y descriptivas del tiempo que los estudiantes prestaron atención y exhibieron problemas de conducta, además del tiempo que les tomó a los maestros ayudar a los estudiantes. Finalmente, utilizamos pruebas estadísticas para comparar el tiempo en que nuestros participantes se involucraron en tales comportamientos antes y después de usar nuestros prototipos. El acuerdo entre observadores para codificar datos de video fue aceptable.

#### **6.4. Viviendo en el laboratorio viviente inteligente del futuro**

Las actividades que se realizaron en el laboratorio viviente inteligente complementaron con éxito los planes de estudio de la escuela-clínica Pasitos y mejoran sus intervenciones terapéuticas. Los resultados indican que los estudiantes obtienen beneficios relacionados con el desarrollo motriz, la atención y mejoras en el comportamiento en general.

### **6.4.1. Uso y adopción**

Las actividades en el laboratorio viviente inteligente fueron rápida y exitosamente integradas en la curricula de Pasitos. De manera general, todas las maestras y sus estudiantes recibieron el ambiente inteligente de manera positiva encontrándolo *útil, divertido y fácil de usar* ya que requirieron un mínimo de entrenamiento cuando aprendieron a usar los prototipos.

### **6.4.2. Colaboración y socialización**

Durante los estudios se encontraron beneficios en términos de colaboración y socialización. Las maestras explicaron que cuando usaron el ambiente inteligente, los estudiantes *“mejoraron sus habilidades sociales, de lenguaje y aprendieron a tomar turnos”* (t2, maestra)”. Esto facilitó las transiciones en el salón de clases y los estudiantes participaron de manera voluntaria en actividades de modelado conductual. Por ejemplo, las observaciones indican que las maestras pasaban de dos en dos a estudiantes a usar SensoryPaint. Esto promovió la imitación y la ayuda entre los participantes. Estos comportamientos tienen numerosos beneficios para la estimulación sensorial que no habían sido posible explorar antes de usar SensoryPaint. Los participantes interactuaban frecuentemente con cualquiera de sus compañeros que estuviera en la sala. Ellos conversaban y motivaban a los otros participantes a jugar con ellos. Por ejemplo, un niño le pidió a uno de los investigadores ayuda para pintar la pantalla. *“[SensoryPaint pudiera] ser más divertido con otras personas, porque ellos hacen cosas diferentes”* (e2, estudiante).

La tecnología permite descubrir un amplio rango de prácticas colaborativas motivando a los niños a compartir sus logros y experiencias usando tecnología, o pedir ayuda a sus compañeros cuando enfrentan problemas al interactuar con el ambiente inteligente.

Estos resultados muestran que las experiencias colectivas juegan un papel importante en la adopción de ambientes inteligentes y facilitan el uso de la tecnología y la creación de nuevos procesos que se ajusten de una mejor manera a las prácticas y al contexto donde se usen.

### **6.4.3. Desarrollo motriz**

Desde un punto de vista del desarrollo motriz, los estudiantes que usaron SensoryPaint y BendableSound dominaron varios movimientos de motricidad gruesa y obtuvieron beneficios relacionados a la conciencia corporal, y control de movimientos. Por ejemplo, BendableSound, al usar una tela de licra muy flexible, motivó a los niños con autismo a descubrir la exploración de gestos novedosos de interacción, por lo que los niños pudieron ganar un mejor entendimiento de sus movimientos, y tener potencial impacto en su balance, y su sentido del control de fuerza (Cibrian et al. 2017).

Las maestras no sólo observaron estas mejoras mientras practicaban habilidades motrices mientras usaban los sistemas interactivos multisensoriales, sino que durante las actividades de clases los estudiantes tomaban de una mejor manera los objetos y mejoraron su motricidad fina.

#### 6.4.4. Atención y comportamiento

Las maestras explicaron que con el laboratorio viviente inteligente “se mantenía más la atención de los niños” de una manera más simple y efectiva que una intervención terapéutica (MOBIS: línea base=0:17:15, uso de MOBIS=3:12:47,  $p=0.003$ ; SensoryPaint: línea base= 2:29:30, uso de SensoryPaint=2:16:57,  $p=0.38$ ; BendableSound: grupo de control (m) = 0:03:55, grupo experimental = 0:04:16;  $p= 0.02$ ) (Cibrian et al. 2015; Ringland et al. 2014; Escobedo et al. 2014).

Los niños con autismo estuvieron más enganchados en los prototipos orientados a tareas, los cuales tenían objetivos específicos como BXBalloons. Sin embargo, algunas maestras explicaron que estos prototipos no eran “*lo suficientemente flexibles (a3, maestra)*”; en contraste, con aquellos que seguían una interacción abierta, los cuales fueron “*más fáciles de adaptar y personalizar (t2, maestra)*”. Por ejemplo, con Mobis, las maestras pedían a los niños moverse alrededor del salón para descubrir objetos disponibles en el ambiente, en lugar de limitarlos a descubrir objetos disponibles en el escritorio. Paradójicamente, las maestras se dieron cuenta que los niños perdían más rápido la motivación de las terapias cuando se realizaban actividades abiertas, entonces las maestras tenían que redirigir la atención de los niños a actividades orientadas a objetivos. Esto muestra la importancia de combinar actividades abiertas y orientadas a objetivos para dar oportunidad a los usuarios de personalizar el ambiente inteligente de acuerdo con sus necesidades y descubrir otras prácticas mediante la

tecnología. Por ejemplo, en *BendableSound* se combinan tanto actividades abiertas, como orientadas a objetivos. Esto permite a los niños con autismo ser independientes (como en la actividad de colorear la capa oscura), pero al mismo tiempo, permite a la maestra dar una guía al niño cuando se considere necesario (seguir una rutina de ejercicio para recolectar notas de canciones).

Desde un punto de vista del comportamiento, todos los estudiantes que usaron *BXBalloons* estuvieron más conscientes de su comportamiento (*BxBalloons*: línea base=31, uso de *BxBalloons*=180,  $p=0.036$ ) exhibiendo más comportamientos positivos y mínimos negativos. Una maestra explicó:

*“Algunas veces algunos niños no quieren trabajar pero en el momento que le decíamos que su globo se iba desinflar, ellos empezaban a trabajar para que el globo se pusiera verde. Ellos estaban conscientes de la pantalla [refiriéndose a BXBalloons]”*  
(t5, maestra)

## **6.5. Retos socio-técnicos**

Después de que los usuarios utilizaron el entorno inteligente por un plazo largo de tiempo, la relación entre ellos y la tecnología cambió. Esto abre numerosos desafíos, en el área de Interacción Humano Computadora en términos de evaluación y diseño para el desarrollo de ambiente inteligentes.



En primer lugar, existe una brecha entre los métodos utilizados en la investigación clínica para evaluar y diseñar la eficacia de las intervenciones y los utilizados en el área de IHC para evaluar usabilidad. Nuevos modelos y métodos que permitan el diseño participativo de estudios de usuarios y herramientas de medición empírica pudieran promover la participación activa por parte de investigadores del área clínica y apoyar a investigadores del área de IHC en descubrir nuevas métricas que permitan medir actitudes y comportamientos que evalúen la relevancia clínica de la tecnología.

En segundo lugar, nuestras experiencias muestran que tener un entorno inteligente saturado de diferentes tecnologías de supervisión se convierte en oportunidades para recopilar datos verificables y cuantificables. Estos datos provienen de una naturaleza heterogénea que contiene videos, audios de entrevistas, fotos y registro de datos de diferentes sensores. El reto para investigadores del área de interacción humano-computadora es especificar la complejidad del análisis, reducir la dimensionalidad de los datos, o aplicar técnicas de aprendizaje-máquina en datos masivos que nos permitan obtener conocimientos sobre las aptitudes y comportamientos de los usuarios. El uso de herramientas apropiadas para la selección y extracción de características podría facilitar a los investigadores la eliminación de datos redundantes y obtener aquellos datos que nos permitan entender de una mejor manera el fenómeno que se está estudiando. Con estos datos se pudieran generar modelos para predecir, y obtener patrones de comportamiento que nos

permitan identificar entre diferentes tipos de usuarios (*i.e.*, diferenciar patrones de comportamiento de niños con autismo con los de niños neurotípicos).

Por último, no está claro cuándo es apropiado empezar a rediseñar los prototipos que ya están implementados e instalados en la clínica, o cuándo es conveniente instalar nuevos. Una vez que los usuarios pasan el “efecto novedad” ellos comienzan a sentirse cómodos al usar los prototipos, sin embargo esto pudiera también disminuir su motivación de continuar usándolos. La creación de prototipos robustos que permitan su uso a largo plazo pudiera limitar en gran medida la tendencia de crear prototipos de baja o media-fidelidad que permiten instalar y probar lo más rápido posible, ya que las actualizaciones frecuentes en la tecnología podrían perturbar las prácticas existentes, la adopción o afectar las evaluaciones que midan eficiencia clínica. Por lo tanto, es necesario proponer nuevos métodos que permitan el desarrollo incremental de tecnología y se integren de manera rápida y adecuada a los entornos inteligentes ya existentes.

## **6.6. Temas de aplicación**

Nuestros resultados y experiencias proponen dos potenciales temas de aplicación que pueden servir como una plataforma para futuros proyectos de investigación.

### **6.6.1. Nuevos paradigmas de interacción**

Se requieren cambios importantes en la entrada y salida de la tecnología penetrante actual para permitir interacciones más “naturales” y mejorar la visualización de los prototipos integrados en ambientes inteligentes.

Más allá, de las interfaces naturales típicas usando voz, plumas y gestos, existen otros paradigmas que pueden explotar de mejor manera nuestros reflejos y sentidos. Por ejemplo, las interfaces cerebrales pueden proporcionar a los usuarios retroalimentación acerca de su actividad cerebral y adaptar el ambiente inteligente de acuerdo a sus pensamientos. Además, la captura de señales fisiológicas mediante electrodos puede dar a los médicos más información acerca del desarrollo de los niños. Sin embargo, quedan preguntas abiertas para estudiar si estas interfaces pueden servir como controladores para la manipulación de objetos físicos y digitales.

Avances recientes en visión por computadora y reconocimiento de audio hacen posible la creación de nuevas interfaces con modos de interacción innovadores. Por ejemplo, la creación de superficies flexibles puede permitir a los usuarios manipular de mejor manera los objetos físicos que se muestran en pantalla. Las características de las superficies flexibles pueden invitar a los usuarios a empujar, jalar o doblar la superficie permitiéndoles descubrir nuevas experiencias multisensoriales.

### **6.6.2. Sistemas embebidos**

La integración de dispositivos heterogéneos de hardware y software es una tarea difícil. Los prototipos instalados en estos ambientes inteligentes se convertirán en sistemas legados y la instalación de nuevos prototipos agregará retos asociados al mantenimiento y la integración de diferente tecnología. Con la miniaturización de computadoras de hardware utilizando tecnología como la Raspberry Pi pudiera permitir crear sistemas embebidos con funciones dedicadas. Seguir estas nociones de sistemas embebidos e internet de las cosas no solamente facilitará la encapsulación del funcionamiento de cada prototipo en objetos de la vida diaria; si no, además facilitara la flexibilidad y la actualización de tecnología.

### **6.7. Conclusiones y trabajo a futuro**

La comprensión del contexto en el que se utilizó el laboratorio viviente inteligente ha abierto varias preguntas de investigación en relación a nuevos métodos para la medición automática de datos clínicos y modelos económicos para hacer frente al mantenimiento de la tecnología e incentivar adecuadamente a los usuarios a participar en el desarrollo iterativo.

Recientemente hemos comenzado a analizar los datos de las interacciones de los usuarios con la tecnología para poder tener un mejor entendimiento de sus comportamientos y el progreso durante las sesiones de terapia. Esto nos pudiera ayudar para proporcionar a los maestros y médicos conocimiento de los datos clínicos que se capturan a través del

ambiente inteligente. Finalmente, hemos estado mejorando el diseño de nuestro laboratorio viviente inteligente para que se adapte mejor con prácticas emergentes y descubrir oportunidades potenciales donde nuestro laboratorio viviente inteligente podría aumentar exitosamente las terapias para el autismo. Recientemente se terminó una nueva versión de BendableSound que busca encontrar patrones de movimientos que nos permitan diferenciar a niños neurotípicos de niños con autismo. Además estamos explorando otras técnicas de bio-retroalimentación, por ejemplo, enseñarles a niños con autismo ejercicios de respiración que potencialmente pueda ser usado cuando el niño presente un comportamiento desafiante.

## **6.8. Referencias**

Bardram, J, and H B Christensen. 2007. “Pervasive Computing Support for Hospitals: An Overview of the Activity-Based Computing Project .” *IEEE Pervasive Computer* 6 (1):44–51.

Cibrian, Franceli L., Deysi H. Ortega, Lizbeth Escobedo, and Monica Tentori. 2015. “Reflections from a Long-Term Deployment Study to Design Novel Interactive Surfaces for Children with Autism.” In , 167–76. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-26508-7\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-319-26508-7_17).

Cibrian, Franceli L., Oscar Peña, Deysi Ortega, and Monica Tentori. 2017. “BendableSound: An Elastic Multisensory Surface Using Touch-Based Interactions to Assist Children with Severe Autism

during Music Therapy.” *International Journal of Human Computer Studies*. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2017.05.003>.

Escobedo, Lizbeth, Monica Tentori, Eduardo Quintana, Jesús Favela, and Daniel Garcia-Rosas. 2014. “Using Augmented Reality to Help Children with Autism Stay Focused.” *IEEE Pervasive Computing* 13 (1). IEEE Computer Society:38–46.  
<https://doi.org/10.1109/MPRV.2014.19>.

Goh, Dion H., Rebecca P. Ang, and Hui Chern Tan. 2008. “Strategies for Designing Effective Psychotherapeutic Gaming Interventions for Children and Adolescents.” *Computers in Human Behavior*.  
<https://doi.org/10.1016/j.chb.2007.10.007>.

Intille, S.S. 2002. “Designing a Home of the Future.” *IEEE Pervasive Computing* 1 (2):76–82.  
<https://doi.org/10.1109/MPRV.2002.1012340>.

Kientz, J A, G R Hayes, T L Westeyn, T Starner, and G D Abowd. 2007. “Pervasive Computing and Autism: Assisting Caregivers of Children with Special Needs.” *IEEE Pervasive Computing* 6 (1):28–35.

Kientz, Julie A., Matthew S. Goodwin, Gillian R. Hayes, and Gregory D. Abowd. 2013. “Interactive Technologies for Autism.” *Synthesis Lectures on Assistive, Rehabilitative, and Health-Preserving*

Technologies.

<https://doi.org/10.2200/S00533ED1V01Y201309ARH004>.

- Mercado, J., L. Escobedo, and M. Tentori. 2018. "Developing and Evaluating a BCI Video Game for Neurofeedback Training: The Case of Autism." *Multimedia Tools and Applications* (submitted).
- Mertel, K. 2014. *Therapeutical Instrumental Music Performance (TIMP)*. Edited by M. H. Thaut & V. Hoemberg. Handbook o.
- Nakajima, Tatsuo, Vili Lehdonvirta, Eiji Tokunaga, and Hiroaki Kimura. 2008. "Reflecting Human Behavior to Motivate Desirable Lifestyle." In *Proceedings of the 7th ACM Conference on Designing Interactive Systems - DIS '08*, 405–14. New York, New York, USA: ACM Press.  
<https://doi.org/10.1145/1394445.1394489>.
- Ringland, Kathryn E, Rodrigo Zalapa, Megan Neal, Lizbeth Escobedo, Monica Tentori, and Gillian R Hayes. 2014. "SensoryPaint: A Multimodal Sensory Intervention for Children with Neurodevelopmental Disorders." In *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing*, 873–84. ACM.
- Rogers, Yvonne, William R. Hazlewood, Paul Marshall, Nick Dalton, and Susanna Hertrich. 2010. "Ambient Influence." In *Proceedings of the 12th ACM International Conference on Ubiquitous*

Computing - Ubicomp '10, 261. New York, New York, USA:  
ACM Press. <https://doi.org/10.1145/1864349.1864372>.



## **Capítulo 7**

### **Interfaces Naturales de Usuario: Vista, Tacto y Movimiento en la Interacción**

J. Alfredo Sánchez, Laboratorio Nacional de Informática Avanzada (LANIA) y NEUX Lab

Yazmín Magallanes, NEUX Lab

Fernando Vera, Universidad de las Américas Puebla (UDLAP)

Héctor M. Camarillo-Abad, Universidad de las Américas Puebla (UDLAP)

#### **7.1. Introducción**

La naturalidad en la IHC es una noción subjetiva, o por lo menos una característica cambiante, conforme se producen avances tecnológicos, se diseñan mejores sistemas interactivos, y las nuevas generaciones de usuarios adquieren nuevas competencias en el manejo de dispositivos y aplicaciones. Así, por ejemplo, mientras que pocos usuarios alguna vez consideraron natural la comunicación con una computadora solamente a través de un teclado y un lenguaje cifrado de comandos, hoy una gran mayoría de personas encuentra naturales las representaciones visuales de objetos y funciones en interfaces gráficas, o bien los gestos requeridos para amplificar o reducir el tamaño de objetos en interfaces táctiles. La naturalidad en la interacción se busca no solamente en los medios de

entrada que permiten al usuario comunicar sus intenciones a un sistema computacional, sino también en los medios de salida por los que el usuario percibe los procesos, los resultados y las respuestas de dicho sistema.

Una definición que se adapta a los entornos tecnológico y humano cambiantes considera que una interfaz natural de usuario es aquella que permite a las personas enfocar su atención a la actividad que desea llevar a cabo, aplicando facultades con las que ya cuenta (como gesticular o hablar), y sin requerir capacitación adicional. Entendida así, una interfaz natural es un ideal al que es posible aproximarse para apoyar la realización de tareas cada vez más complejas, pero que también planteará continuamente nuevas demandas.

El desarrollo de interfaces naturales de usuario requiere de trabajo en múltiples frentes. El reconocimiento de gestos y posturas permiten al usuario comunicarse con un sistema a través de ademanes, y al sistema inferir intenciones, actitudes y estados de ánimo de los usuarios. El reconocimiento de voz y el procesamiento de lenguaje natural hacen posible el uso del lenguaje hablado, mientras que el cómputo afectivo permite a los sistemas interactivos detectar y proyectar emociones y sentimientos, los cuales son componentes de importancia significativa en una interacción natural. El desarrollo de interfaces hápticas permite la atribución de significado a la aplicación de diferentes niveles de fuerza, y la colocación de sensores y actuadores en las prendas de vestir (cómputo vestible) abre nuevas posibilidades de comunicación entre humanos y

tecnología, así como de mediación de la comunicación entre seres humanos a través de la tecnología. Posiblemente en los límites de la naturalidad en la interacción se encuentra el desarrollo de BCI, las cuales infieren intenciones del usuario mediante la detección y procesamiento de su actividad neuronal.

Los avances en interfaces naturales de usuario requieren también de investigación y experimentación en diversas áreas de aplicación. En la literatura académica pueden encontrarse resultados de proyectos en áreas tan diversas como medicina, educación, deportes y entretenimiento.

En este capítulo se presentan avances en tres áreas generales: superficies multitáctiles, realidad aumentada y cómputo vestible. En cuanto a dominios de aplicación, el trabajo se ha enfocado a procesos creativos y de innovación, puntos de interés en entornos urbanos, y la comunicación en el contexto de danza de parejas.

## **7.2. Interfaces naturales como apoyo a la creatividad**

Aunque las tareas de creatividad tradicionalmente se han apoyado en medios y herramientas convencionales (como papel, bolígrafos, tijeras y pegamento), los teléfonos móviles, las tabletas y otros dispositivos basados en superficies interactivas se utilizan cada vez más como soporte adicional a estos procesos. Las superficies interactivas multitáctiles de gran tamaño aparecen como una alternativa interesante para respaldar los procesos para estimular la creatividad y para apoyar la colaboración simultánea síncrona. Sin embargo, estas superficies en su mayoría se han

utilizado con fines de visualización y navegación. Su uso como medio de autoría, que sería esencial en las tareas de creatividad, apenas ha comenzado a explorarse.

Mientras que los procesos creativos utilizan abstracciones cognitivas de alto nivel, las aplicaciones y plataformas que se han desarrollado en el área de creatividad aún se basan en primitivas de bajo nivel para implementar representaciones de ideas y discusiones. Esta brecha significativa que hemos identificado es la que hace difícil para los desarrolladores crear aplicaciones que brinden un soporte más rico y flexible para los innovadores que colaboran alrededor de superficies interactivas. Nuestro trabajo contribuye a cerrar dicha brecha.

En esta sección se presenta un resumen de un análisis exhaustivo de aplicaciones existentes y prácticas de usuarios en el campo, a partir del cual se derivaron acciones clave y patrones de interacción que tienen lugar durante sesiones de creatividad colaborativa. Dichos patrones son el fundamento de *ISCALI* (Soluciones de Innovación Centradas en Actividades para Interfaces de Gran Tamaño), un modelo que proponemos tanto para describir como para prescribir el papel de las superficies multitáctiles de gran tamaño en tareas de creatividad colaborativa.

### **7.2.1. Técnicas y herramientas de apoyo a la creatividad**

Con el fin de modelar técnicas de creatividad de manera natural, es necesario conocer a fondo las principales actividades y herramientas

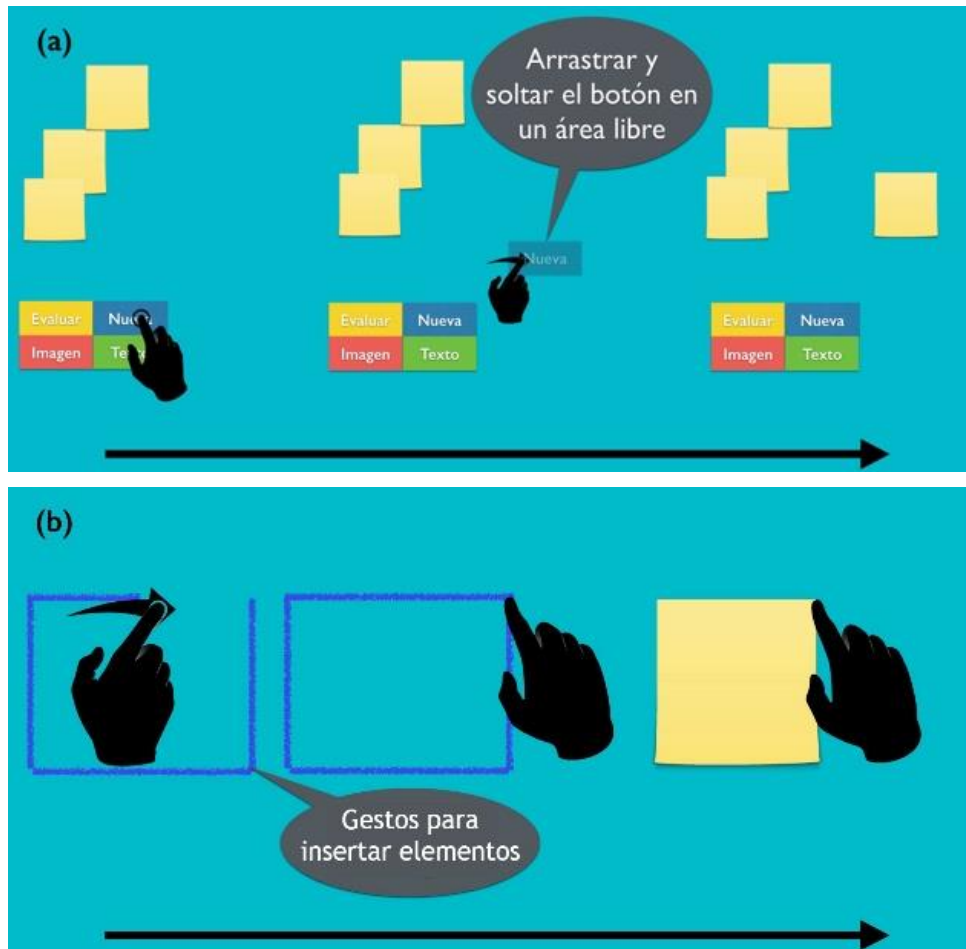
utilizadas al aplicar dichas técnicas. Los métodos para apoyar el trabajo creativo van desde los muy estructuradas, como TRIZ (Altshuller 1999), a los menos estructurados, tales como la Flor de Loto, SCAMPER, *Blue Slip*, el Pensamiento Lateral y Seis Sombreros para Pensar, entre otros (de Bono 1977), que se centran simplemente en la generación de ideas. Nuestro trabajo se enfoca a estos últimos.

Entre las soluciones de interfaces naturales de usuario con superficies multitáctiles cabe destacar los trabajos realizados en *ScriptStorm* (Clayphan, Kay y Weinberger 2014), *Train-of-Thought* (Jaco et al. 2014), *Generic creativity Techniques* (Frieß et al. 2011), *InnovIMM* (Magallanes, Molina-Rueda, y Sánchez 2012), *Speak Up Your Mind* (Huerta et al. 2011), e *InnovaTouch* (Fuentes et al. 2011). Una revisión exhaustiva del área se puede encontrar en el trabajo de (Magallanes et al. 2018).

### **7.2.2. Un modelo para desarrollar aplicaciones de apoyo a la creatividad**

Para encontrar patrones de interacción natural al generar nuevas ideas usando superficies multitáctiles, hemos utilizado Teoría Actividad y el Diseño Centrado en la Actividad. Dependiendo de la tecnología y los materiales utilizados, los instrumentos de apoyo a la creatividad pueden incluir botones, tarjetas, los dedos o lápices digitales. La Figura 7-1 muestra ejemplos de patrones detectados al crear una tarjeta. Una

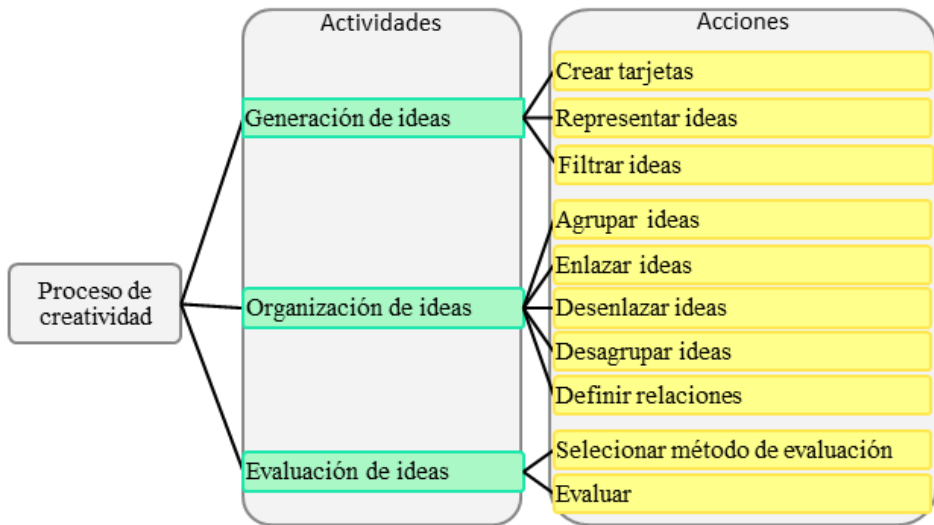
descripción completa del conjunto de patrones estudiado se puede encontrar en (Magallanes et al. 2018).



**Figura 7-1.** Creación de una tarjeta: a) Arrastrando un botón hacia un área libre; b) dibujando un cuadrado sobre la superficie táctil.

Con base en este análisis, hemos propuesto *ISCALI*, un modelo para el desarrollo de aplicaciones que apoyan los procesos de creatividad. *ISCALI* comprende tres actividades principales: generación, organización

y evaluación de ideas, las cuales se desglosan en acciones y operaciones correspondientes, tal cual las realizan los grupos creativos. Estos hallazgos nos permitieron formalizar el modelo propuesto, como se ilustra (hasta el nivel de acciones) en la Figura 7-2.



**Figura 7-2.** Proceso de creatividad usando superficies multitáctiles y el modelo de Teoría de Actividad.

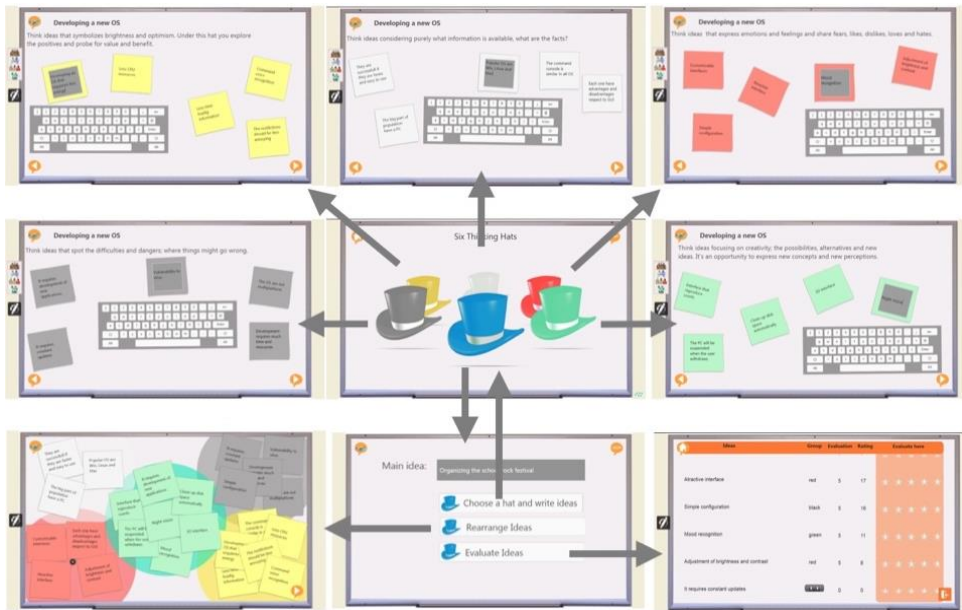
Nuestro modelo ha sido la base de una arquitectura general para aplicaciones de creatividad colaborativa, la cual aborda la brecha de desarrollo a través de un conjunto de bloques constructivos que implementan los principales patrones de interacción necesarios para apoyar tareas de creatividad basadas en superficies interactivas. A manera de validación, hemos construido versiones prototípicas de estos componentes básicos, a los cuales nos referimos a continuación.

### **7.2.3. Operaciones táctiles para actividades creativas (TOKAs)**

De manera práctica, nuestro trabajo ha producido un conjunto de bloques constructivos a los que denominamos *TOKAs*, cada uno de los cuales implementa un patrón de interacción. Hemos puesto estos bloques a disposición de desarrolladores de aplicaciones de software y ellos, de manera independiente, han implementado aplicaciones que facilitan el uso de diversas metodologías de creatividad y colaboración síncronas. La Figura 7-3 ilustra una de las aplicaciones desarrolladas usando *TOKAs*. La implementación y el uso de los *TOKAs* demuestran la expresividad de *ISCALI* para describir y guiar el desarrollo de aplicaciones para creatividad colaborativa usando superficies interactivas.

Adicionalmente, se desarrolló un banco de pruebas para evaluación al que nos referimos como *TIKA*. En *TIKA*, los usuarios pueden interactuar con el conjunto de patrones propuestos en *ISCALI* para probar su funcionalidad y establecer comparaciones. Nuestros resultados muestran las preferencias de los usuarios con respecto a la usabilidad de nuestra biblioteca de patrones, así como la utilidad de las aplicaciones que se pueden construir mediante el uso de los patrones de interacción comprendidos en nuestro modelo (Magallanes et al. 2018).





**Figura 7-3.** Aplicación para creatividad basada en la técnica de creatividad “Seis Sombreros para Pensar”.

Este trabajo de investigación contribuye a la construcción de sistemas informáticos para superficies multitáctiles de gran tamaño con fines de creatividad y toma de decisiones. Este trabajo propone el uso de este modelo en el desarrollo de aplicaciones para creatividad que puedan ser utilizadas en diferentes sectores tales como educativos, industriales, gubernamentales y de salud. El objetivo de este trabajo es proponer la interacción con nuevos artefactos que extiendan las capacidades de las personas para innovar, y con ello proponer nuevos productos o servicios.

### 7.3. Interfaces naturales para crear realidad aumentada

Los navegadores de RA permiten ya a los usuarios acceder a contenidos que se superponen a escenarios reales; sin embargo, la interacción del

usuario está aún limitada por el hecho de que la información sólo es creada por empresas y desarrolladores con habilidades específicas para la creación de realidad aumentada. Con las herramientas adecuadas, que faciliten una interacción natural en los lugares y momentos idóneos, el usuario dejaría de ser simplemente un consumidor y, en su lugar, se convertiría en un creador de contenido de RA, abriendo nuevas posibilidades para enriquecer sitios del mundo real, crear comunidades con intereses comunes y promover lugares que se convierten orgánicamente en Puntos de Interés (PDI). La creación de contenido de realidad aumentada por parte de los usuarios finales puede potenciar su integración con las redes sociales.

Para avanzar en esta dirección, hemos propuesto SituAR, un modelo para la creación colaborativa de contenido de RA por usuarios finales. El modelo implica la generación de herramientas de autoría de RA *in situ*; esto es, en el lugar donde el usuario determina que es pertinente añadir contenidos de interés para otras personas. Con este objetivo, se han explorado nuevas técnicas que facilitan la creación de contenido multimedia, así como para identificar métodos que permitan a los usuarios una transición de consumidores a *prosumidores*.

### **7.3.1. Realidad aumentada como anotaciones a la realidad y como elemento de comunicación**

RA es una técnica que agrega información digital a objetos de la realidad. En ese sentido, la información añadida puede considerarse como anotación a lugares físicos. Una taxonomía útil para anotaciones que se

asocian con lugares, la cual se resume en la Tabla 7-1, fue propuesta por (Hansen 2006). Las categorías en la taxonomía se definen por la combinación de dos dimensiones: (1) localización, que considera anotaciones colocadas en la ubicación del objeto de interés y anotaciones colocadas remotamente; y (2) adyacencia, que considera anotaciones colocadas directamente sobre un objeto y anotaciones colocadas sobre alguna referencia al objeto. Nuestro enfoque se basa en anotaciones adjuntas en las que el usuario final y el punto de interés comparten el mismo sitio (*in situ*).

	<b>Adjunto</b>	<b>Separado</b>
En la ubicación	El usuario y el objeto comparten ubicación. La anotación se presenta directamente en el objeto físico. Enfoque: Realidad aumentada	Las anotaciones no se presentan en el objeto anotado sino junto con él. Enfoque: Computación ubicua.
Fuera de la ubicación	Las anotaciones se presentan en una representación del objeto anotado, dado que el usuario y el objeto no comparten ubicación. Enfoque: Realidad virtual	Las anotaciones se presentan solo con una referencia para ser el objeto anotado. Enfoque: Web.

**Tabla 7-1.** Una taxonomía general de anotaciones. Adaptada de (Hansen 2006).

Recientemente se han iniciado proyectos (Höllner, Schmalstieg, y Billinghurst 2009) que fusionan la realidad aumentada con las redes

sociales. Esta fusión se denomina Realidad Aumentada 2.0 (RA 2.0), una noción introducida por (Langlotz et al. 2009), y se refiere a la tendencia en la que los usuarios no son meros consumidores, sino que se convierten en creadores de contenido.

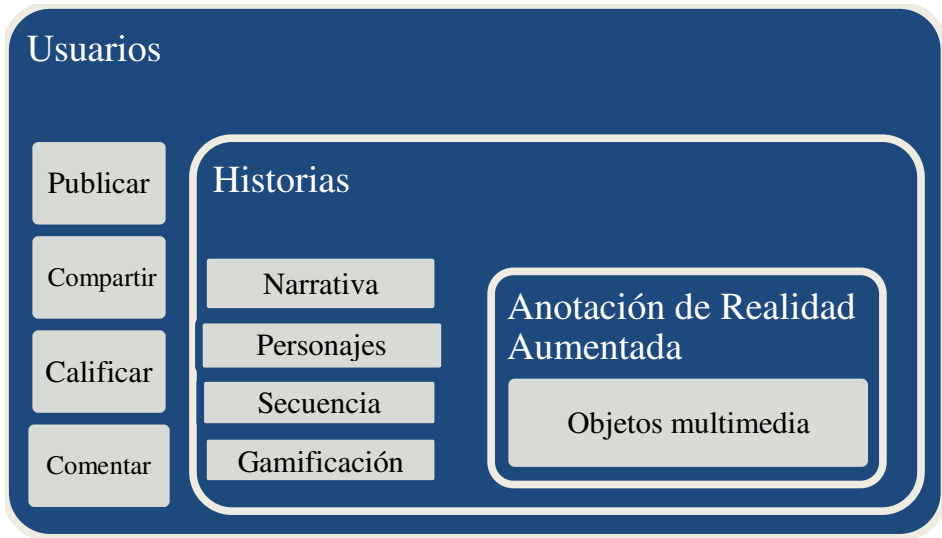
En esta área, existen esfuerzos para la creación de contenido generado por el usuario basado en la ubicación física de una persona para extraer información (FitzGerald 2012). Por otro lado, (Vääätäjä et al. 2013) exploran la realidad aumentada para contenido de noticias generado por el usuario, con la finalidad de apoyar y enriquecer tareas de tipo *crowdsourcing*.

Entre otros proyectos que hacen la RA accesible para el usuario final se incluyen juegos que aprovechan la RA en aplicaciones móviles, como *Google Ingress* y *Pokemon Go*. Las aplicaciones comerciales pueden mostrar PDI cercanos con historias adjuntas y pueden llevar a los usuarios de un punto o ubicación a otro. Las principales plataformas centradas en la creación de contenido de RA incluyen *Layar*, *Wikitude*, *Junaio*, *Aurasma*, *Metaio*, *Google Goggles* y la cámara *Sekai*. Su funcionamiento requiere en general que la información se cargue antes de su uso, así como un esfuerzo de desarrollo en computadoras de escritorio. Existe entonces un nicho de oportunidad en explorar la interacción del usuario en los PDI de una ciudad para crear realidad aumentada utilizando dispositivos móviles.

Adicionalmente, la mayoría de las herramientas de autor están dirigidas a desarrolladores, no a usuarios finales. Por tanto, SituAR propone un modelo para crear contenido *in situ* con el fin de promover la interacción social y la información cultural utilizando la tecnología de realidad aumentada.

### **7.3.2. SituAR: Plataforma de RA para el usuario final**

SituAR propone una plataforma para crear contenido de realidad aumentada (Figura 7-4), la cual involucra al usuario para que sea el autor de las historias in-situ. El núcleo del modelo es el contenido de RA que el usuario puede ubicar en diferentes contextos. Los usuarios podrán compartir sus conocimientos y experiencias a través de historias. Para crear una historia, se agregan componentes de narrativa y multimedia para la creación de escenas. La narración y los personajes son el núcleo de la historia. Sin embargo, el componente de secuencia permite darle una estructura a la historia. El componente de gamificación permite al usuario agregar dinámicas de juego a la historia para animar la interacción y mantener el interés de los usuarios.



**Figura 7-4.** Plataforma SituAR.

Los usuarios pueden visualizar y ser capaces de localizar objetos multimedia en el entorno. Los elementos multimedia (audio, video, imágenes) se presentan como objetos tridimensionales. Por ejemplo, si un turista desea compartir una imagen antigua de un monumento, podrá hacer uso de un modelo 3D que agregará como anotación en la ubicación del monumento.

Cuando los usuarios comparten sus experiencias y aumentan el contexto con información, enlaces, videos, imágenes o voz, contribuyen a la RA social. Mientras que una forma tradicional de interactuar con objetos de interés consiste en ver información textual relacionada con el objeto, SituAR proporciona funcionalidad para agregar información multimedia y permite visualizar el contenido creado por otros usuarios.

Teniendo en cuenta que la narrativa es un mecanismo para aumentar y mantener el interés de muchas personas, SituAR va más allá para agregar un componente de narración de historias. Los elementos multimedia permiten a los usuarios crear historias relacionadas con el punto de interés, las cuales podrán publicar, compartir y comentar. SituAR busca transformar el conocimiento y las experiencias de las personas en contenido que permita promover los PDI e incentivar a los usuarios a crear contenido con sus dispositivos móviles.

### **7.3.3. Prototipo de SituAR**

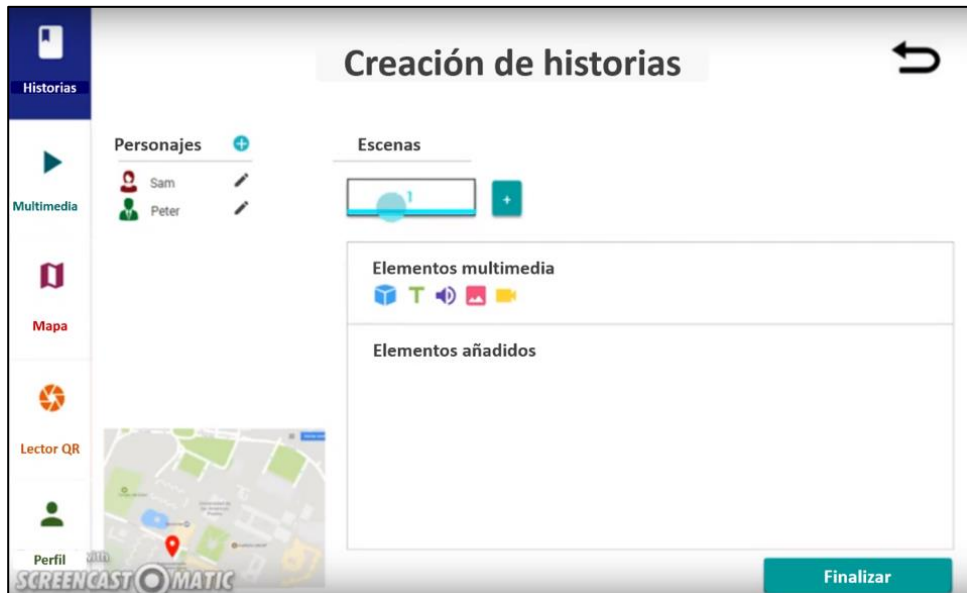
Para validar el modelo SituAR, creamos un prototipo de alta fidelidad que incluye la creación de contenido de RA y la visualización de diferentes escenarios. La interfaz inicial muestra historias geográficamente cercanas con las que el usuario puede interactuar (Figura 7-5). El mapa muestra otras historias cerca de la ubicación actual del usuario. El perfil de usuario incluye información tal como el número de historias que ha publicado, sus contactos y una sección de *gamificación* donde se pueden ver los trofeos que han obtenido.



**Figura 7-5.** Interfaz de usuario

En el prototipo de SituAR se incluye la creación de historias a partir de secuencias de escenas, cada una de las cuales tiene una o más anotaciones de realidad aumentada con contenido multimedia (Figura 7-6). En el contexto de PDI de una ciudad con RA, los usuarios expertos, historiadores y administradores de sitios culturales pueden agregar componentes a la historia, tales como personajes y elementos multimedia.





**Figura 7-6.** Interfaz de usuario centrada en la creación de historias.

En la Figura 7-6, se observa un menú con una sección de historias donde el usuario puede colocar objetos 3D en el entorno. La interfaz de la historia se divide en escenas donde el usuario puede agregar diálogos a los personajes. En estas escenas, el usuario puede agregar diferentes elementos para crear una historia *gamificada*. En este prototipo, se incluyen notificaciones para hacer a las personas conscientes de la proximidad de una historia.

### **7.3.4. Ramificaciones de la RA social**

En un inicio, nuestra investigación se centró en la autoría de RA y en pautas de implementación considerando una metodología de construcción práctica. Sin embargo, toda la información que crean los usuarios debería ser útil para construir historias en la plataforma. El uso de marcadores de

realidad aumentada se ha contemplado para interactuar en espacios pequeños. El uso de la ubicación basada en contenido está enfocado en espacios abiertos. SituAR alienta a los usuarios a visualizar y crear historias *in situ* y con dispositivos móviles. Esto permitirá a los visitantes aprender más sobre su entorno y promover los PDI.

#### **7.4. El cómputo vestible como interfaz natural para la comunicación**

La tecnología vestible ha abierto camino a nuevas formas de interacción entre el humano y la tecnología, muchas veces utilizando otros sentidos además de la vista y del oído. Uno de los sentidos más estudiados es el del tacto, o háptico, dado que la tecnología vestible normalmente está en contacto con la piel. Por tanto, el término lenguaje táctil o lenguaje vibrotáctil se encuentra comúnmente en la literatura (Scheggi et al. 2014; Oliveira y Maciel 2014; Morrison et al. 2015). En términos sencillos, este lenguaje se refiere a cómo los humanos son capaces de percibir algo por medio del tacto, además de identificarlo e interpretarlo. Dicho lenguaje se centra en lo que algunos autores identifican como “tactón” (ícono táctil) (Brewster y Brown 2004), el cual, como ocurre en el caso de un ícono visual, denota un cierto patrón de vibración el cual tiene asociado un significado (así como el ícono de disquete significa grabar en las interfaces de computadora). Usando este lenguaje basado en tactones, se han propuesto varias aplicaciones de uso, entre las cuales se destacan las de orientar o guiar a una persona, comúnmente invidente (Aggravi et al. 2016; Altini et al. 2011; Scheggi et al. 2014). Otra aplicación común es

aumentar la expresividad cuando dos personas se comunican (Schelle et al. 2015). Puede encontrarse más información en las referencias de los trabajos mencionados.

### **7.4.1. Interfaces naturales para danza**

Dado el potencial de conjuntar la tecnología vestible con lenguajes vibrotáctiles, pueden imaginarse diversos escenarios para aplicar esta forma de comunicación háptica. El caso que aquí se presenta se centrará en la danza, más específicamente en el baile de parejas, ya que ambas áreas (comunicación vibrotáctil y baile de parejas) tienen mucho en común y qué aprender la una de la otra.

Como contexto, cuando dos personas bailan en pareja están efectuando una comunicación que se transmite por medio del tacto. Comúnmente, una persona tiene el rol de líder, mientras que la otra persona ocupa el rol de seguidor. El líder, por medio de movimientos, marca al seguidor, por ejemplo, qué paso quiere que ejecute, si se deben detener, si deben girar, o si cambian de lugar. Y dado que hay muchos bailes de este estilo (salsa, bachata, tango, danzón, merengue, pasodoble, etc.) quiere decir que es un lenguaje basado en el sentido del tacto probado y efectivo. Es justo por esta razón que ambas disciplinas pueden aprender la una de la otra, y un medio por el que pueden conjuntarse es la tecnología vestible, ya que cuando uno baila debe tener la mayor libertad de movimiento posible (que es precisamente uno de los objetivos de la tecnología vestible).

### **7.4.2. Un lenguaje vibrotáctil básico para danza**

Como parte de una investigación más amplia en el área de lenguajes no verbales y el potencial de las tecnologías vestibles para implementarlos, hemos iniciado el desarrollo de un lenguaje vibrotáctil básico que puede ser utilizado en escenarios de danza de parejas. Para probar la hipótesis de que la danza en parejas utiliza un lenguaje háptico funcional adaptable a la tecnología vestible, de manera iterativa se plantearon componentes elementales, se diseñaron experimentos y se realizaron ajustes al lenguaje propuesto.

Como primer elemento, se seleccionó un conjunto de nueve movimientos comúnmente realizados en un baile de parejas. Para mantener la metáfora de un lenguaje, se ha denominado a cada uno de estos movimientos como *palabras táctiles*, y a su conjunto como un vocabulario. Para mantener un vocabulario manejable en la exploración inicial, y como en la mayoría de los bailes de pareja es suficiente saber los pasos básicos para entender los pasos que se marcan, se definieron nueve tactones con nueve pasos asociados: pie derecho adelante, pie derecho atrás, pie izquierdo adelante, pie izquierdo atrás, pie derecho a la derecha, pie derecho a la izquierda, vuelta completa a la derecha, vuelta completa a la izquierda, y cerrar. Cabe la aclaración de que mientras dar un paso significa transferir todo el peso corporal hacia el pie indicado, el movimiento llamado cerrar quiere decir que se junten ambos pies donde se encuentra actualmente el peso corporal. Es decir, si la primera indicación fue colocar un pie derecho adelante, y la siguiente es cerrar, la

persona debería mover su pie izquierdo para colocarlo junto al derecho, distribuyendo su peso corporal en ambos pies.

Una vez definido el vocabulario de acciones, es necesario pensar qué tactones se van a utilizar para representar cada acción. Generalmente, el diseño de los tactones está restringido por el tipo de hardware utilizado, porque depende de la facilidad con la que se puedan cambiar sus parámetros: frecuencia, amplitud, tipo de onda, duración, ritmo y posición (Brewster y Brown 2004). Dada la inspiración en danza, lo que más se parecería a un baile de parejas sería que al cambiar la posición de la marcación sea un paso diferente, por lo cual se decidió que el discriminante principal de los tactones sería la posición en el cuerpo. Para probar la idea, se utilizó un dispositivo vestible que consiste en cuatro actuadores de vibración, todos con las mismas características. Se posicionaron dos en la parte delantera de cada hombro, y dos en la parte baja de la espalda (derecha e izquierda). Dado que contamos con más tactones que actuadores, se tuvieron que considerar combinaciones de posiciones, quedando el lenguaje básico como se indica en la Tabla 7-2.

<b>Actuadores activados</b>	<b>Paso de baile esperado</b>
Derecho al frente	Pie derecho al frente
Izquierdo al frente	Pie derecho atrás
Derecho detrás	Pie derecho atrás
Izquierdo detrás	Pie izquierdo atrás
Derechos al frente y detrás	Pie derecho a la derecha
Izquierdos al frente y detrás	Pie izquierdo a la izquierda

Izq. frente & Derecho detrás	Vuelta completa a la derecha
Derecho frente & Izq. detrás	Vuelta completa a la izquierda
Todos	Cerrar

**Tabla 7-2.** Lenguaje vibrotáctil propuesto.

### 7.4.3. Uso experimental del lenguaje vibrotáctil

Para experimentar con el lenguaje propuesto, se seleccionó un grupo de usuarios que estuvieran familiarizados con bailes de pareja para probar si lograban comprender el lenguaje básico rápidamente, y hacer el movimiento esperado. La experimentación se dividió en tres etapas: aprendizaje del vocabulario de acciones, aprendizaje del vocabulario vibrotáctil asociado, y por último una actividad de secuencias. La primera etapa se centró en explicar a los usuarios los nueve movimientos de baile permitidos, los cuales se les daba la instrucción de manera oral para que ellos la ejecutaran. Esto aseguraba que los usuarios tuvieran claro qué se esperaba de ellos. La segunda etapa se centró en relacionar los pasos con sus respectivos tactones, y en esta ocasión las instrucciones fueron por medio de únicamente los estímulos vibrotáctiles. La última secuencia se centró en aplicar lo aprendido en las anteriores, enviando dos secuencias de pasos por medio vibrotáctil a los participantes (una, la coreografía conocida como *Caballo Dorado*; la otra, con pasos básicos de salsa y tango). Esta última etapa sirvió como evaluación principal de reconocimiento de los tactones, expresado en porcentajes de aciertos, como se ilustra en la Tabla 7-3.

Como puede observarse, se logró un alto porcentaje de aciertos en los usuarios al comprender el lenguaje propuesto, variando del 71% al 100%. Esto significa que se logró una buena comunicación en general entre el usuario y la tecnología.

Usuarios	Aprendizaje		Secuencias			
	Acciones	Lenguaje Vibrotáctil	Secuencia 1		Secuencia 2	
			Retroalimentación	Sin Retroalimentación	Retroalimentación	Sin retroalimentación
U1	94%	100%	100%	94%	100%	100%
U2	100%	94%	94%	94%	93%	100%
U3	100%	89%	100%	100%	100%	100%
U4	100%	100%	100%	100%	100%	100%
U5	100%	100%	100%	100%	86%	100%
U6	94%	72%	63%	100%	79%	79%
U7	94%	94%	81%	75%	93%	100%
U8	100%	94%	94%	94%	86%	93%
U9	100%	94%	100%	100%	93%	100%
U10	100%	89%	75%	75%	86%	71%
U11	94%	89%	69%	100%	93%	100%

**Tabla 7-3.** Resultados de la experimentación con el lenguaje vibrotáctil.

Una primera conclusión de esta etapa de la investigación es que efectivamente el lenguaje usado en danza se puede traducir fácilmente a dispositivos vestibles usando tactones. Además de comprensible, es una experiencia nueva y agradable para aquellas personas que les gusta bailar. Todo indica que aún hay mucho trabajo a futuro para lograr una comunicación natural y efectiva entre el humano y la tecnología por

medio del sentido del tacto, de lo cual varias actividades cotidianas, como bailar, se verán beneficiadas.

## **7.5. Perspectivas**

En el desarrollo de interfaces naturales descritas en este capítulo se han aprovechado principalmente superficies interactivas de gran formato, dispositivos móviles y cómputo vestible. Sólo con estas tecnologías es posible explorar el apoyo a actividades más complejas y su aplicación a una diversidad mayor de dominios de aplicación. Pero las posibilidades son aún más amplias si se consideran tecnologías adicionales como cámaras de profundidad, lentes de realidad aumentada, reconocimiento de rostros, y detección de emociones. Aunque la generación de interfaces naturales de usuario seguirá siendo un objetivo móvil, la investigación en esta área de interacción humano-computadora hará posible eliminar barreras para que un mayor número de usuarios aproveche el potencial de la tecnología.

## **7.6. Referencias**

Aggravi, M., Salvietti G., & Prattichizzo, D. 2016. "Haptic assistive bracelets for blind skier guidance". En Proc. 7th ACM Augmented Human International Conference: 1-4.

Kengo Akaho, Takashi Nakagawa, Yoshihisa Yamaguchi, Katsuya Kawai, Hirokazu Kato, and Shogo Nishida. 2011. A study and evaluation on route guidance of a car navigation system based on augmented reality. En Proceedings of the 14th international



conference on Human-computer interaction: towards mobile and intelligent interaction environments. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 357-366.

Altini, M., Farella, E., Pirini M., & Benini, L. 2011. "A cost-effective indoor vibrotactile navigation system for the blind". HEALTHINF: 477-481.

Altshuller, Genrich S. 1999. The Innovation Algorithm: TRIZ, Systematic Innovation and Technical Creativity. Technical Innovation Center, Inc.

Brewster, S., & Brown, L.M. (2004). "Tactons: structured tactile messages for non-visual information display". En Proc. Conference on Australasian user interface: 15-23.

Clayphan, Andrew, Judy Kay, y Armin Weinberger. 2014. "ScriptStorm: Scripting to Enhance Tabletop Brainstorming". Personal Ubiquitous Comput. 18 (6): 1433–1453.

De Bono, Edward. 1977. Lateral Thinking: A Textbook of Creativity. Penguin Books.

FitzGerald, Elizabeth. 2012. "Creating user-generated content for location-based learning: an authoring framework." J. Comp. Assisted Learning 28, no. 3: 195-207.

- Frieß, Marc René, Georg Groh, Niklas Klügel, y Martin Kleinhaus. 2011. "A Tabletop Application Environment for Generic Creativity Techniques". *International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications (IJCISIM)* 4: 55–65.
- Fuentes, Salvador, J. Alfredo Sánchez, Osvaldo Huerta, y Ofelia Cervantes. 2011. "InnovaTouch: A multi-touch framework to support gesture recognition for innovation activities." En *Companion Proceedings of the Fifth Latin American Conference on Human-Computer Interaction*.
- Graham, D. Mark. 2013. "Augmented Reality in Urban Places: Contested Content and the Duplicity of Code." *Transactions of the Institute of British Geographers* 38, 3.
- Hansen, Frank Allan. 2006. "Ubiquitous Annotation Systems: Technologies and Challenges." Paper presented at the meeting of the Proceedings of the Seventeenth ACM Conference on Hypertext and Hypermedia, Odense, Denmark.
- Höllerer, Tobias, Schmalstieg, Dieter and Billinghurst, Mark. 2009. "AR 2.0: Social Augmented Reality - social computing meets Augmented Reality." En *8th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISMAR 2009, Orlando, Fla.*

- Huerta, Osvaldo, J. Alfredo Sánchez, Salvador Fuentes, y Ofelia Cervantes. 2011. "Speak Up Your Mind: Using Speech to Capture Innovative Ideas on Interactive Surfaces". En Proceedings of the 10th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems and the 5th Latin American Conference on Human-Computer Interaction, 202–211. IHC+CLIHC '11. Porto Alegre, Brazil, Brazil: Brazilian Computer Society.
- Jaco, Amandine Afonso, Stéphanie Buisine, Jessy Barré, Améziiane Aoussat, y Frédéric Vernier. 2014. "Trains of Thought on the Tabletop: Visualizing Association of Ideas Improves Creativity". Personal Ubiquitous Comput. 18 (5): 1159–1167.
- Langlotz, Tobias, Mooslechner, Stefan, Zollmann, Stefanie, Degendorfer, Claus, Reitmayr, Gerhard and Schmalstieg, Dieter. 2012. "Sketching up the world: in situ authoring for mobile Augmented Reality." Personal and Ubiquitous Computing 16, no. 6: 623-630.
- Magallanes, Yazmín, Ariel Molina-Rueda, y J. Alfredo Sánchez. 2012. "Combining Gestures and Graphical Elements for Collaboration Using Multi-Touch Surfaces". En , 173–78.
- Magallanes, Yazmín, J. Alfredo Sánchez, Ofelia Cervantes, y Wanggen Wan. 2018. "A pattern-based approach for developing creativity applications supported by surface computing". International

Journal of Human-Computer Studies 110 (Supplement C): 134–54.

Morrison, A., Knoche, H., & Manresa-Yee, C. 2015. “Designing a vibrotactile language for a wearable vest”. En Proc. Conference of Design, User Experience, and Usability, LNCS, Springer 9187: 655-666.

Oliveira, V.A., & Maciel, A. 2014. “Introducing the modifier tactile pattern for vibrotactile communication”. En Proc. Conference on Human Haptic Sensing and Touch Enabled Computer Applications, LNCS, Springer 861: 309-316.

Scheggi, S., Talarico, A., & Prattichizzo, D. 2014. “A remote guidance system for blind and visually impaired people via vibrotactile haptic feedback”. En Proc. IEEE Conference Control and Automation: 20-23.

Vääätäjä, Heli, Ahvenainen, Mari J., Jaakola, Markus S. and Olsson, Thomas. 2013. "Exploring augmented reality for user-generated hyperlocal news content." En CHI '13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI EA '13). ACM, New York, NY, USA, 967-972.

## **Capítulo 8**

### **Uso de Interfaces Naturales en Aplicaciones de Rehabilitación Cognitiva y Física**

Alberto L. Morán, Universidad Autónoma de Baja California (UABC)

Victoria Meza-Kubo, Universidad Autónoma de Baja California (UABC)

Cristina Ramírez-Fernández, Instituto Tecnológico de Ensenada (ITE)

#### **8.1. Introducción**

Avances tecnológicos recientes han generado un cambio de paradigma en los métodos de interacción tradicionales, a formas más naturales de interacción. Estos cambios están motivados por avances i) en el desarrollo de interfaces basadas en gestos, visión, voz, tacto, e incluso señales fisiológicas como las señales eléctricas generadas por los músculos o el cerebro; y ii) en el desarrollo de tecnologías como el Internet, los teléfonos inteligentes, las redes inalámbricas, y las redes de sensores y actuadores, entre otros dispositivos. El desarrollo de estas innovaciones ha resultado en métodos de interacción como la realidad mixta o aumentada, las interfaces tangibles y hápticas, y el cómputo vestible, entre otros.

Dada esta diversidad de métodos de interacción e interfaces, la idea principal de este capítulo es mostrar algunos de los trabajos de investigación desarrollados por nuestro grupo de trabajo en Tecnologías

para Ambientes Inteligentes, los cuales incluyen implementaciones de interfaces naturales, accesibles e inclusivas, aplicadas a la salud, particularmente en problemas de cognición y rehabilitación física.

## **8.2. Interfaces naturales**

Prácticamente, hasta finales de la década de los 1990's, la interacción con los sistemas de cómputo se realizaba a través de interfaces textuales basadas en comandos y en GUIs, donde la pantalla, el teclado y el ratón predominaban como dispositivos de interacción.

Posterior a esto han surgido una gran diversidad de dispositivos de interacción, los cuales se han clasificado con base en su función, el estilo de interacción usado, el dispositivo de entrada y salida usado, y la plataforma para la cual fueron diseñados (Preece, Rogers, and Sharp 2015). Estas interfaces incluyen las interfaces ambientales, las interfaces multimedia, las interfaces basadas en plumas y en gestos, las pantallas táctiles, los teléfonos inteligentes, las tabletas y los dispositivos vestibles, entre otros.

Más recientemente surge el concepto de interfaces naturales, las cuales buscan permitir a los usuarios interactuar con una computadora de la misma manera en la que se interactúa con el mundo físico de manera *natural*; es decir, usando su voz, las manos y sus cuerpos. La naturalidad a la que este tipo de interfaces se refiere es a la forma en la que estas interfaces buscan aprovechar las habilidades que los usuarios hemos aprendido para interactuar con todo lo que nos rodea, incluyendo hablar,

escribir, hacer gestos, moverse de un lado a otro, tomar y dejar objetos, entre otros. Así, una interfaz natural permite al usuario interactuar con la computadora al moverse, al tocar, al ver o al hablar, dirigiéndose ya sea a la computadora, a otros objetos o a otros usuarios, lo cual, en principio podría ser más fácil y más intuitivo de aprender, recordar y realizar.

Por otro lado, las áreas de aplicación de las interfaces naturales también son muy diversas, incluyendo el área de la salud. A continuación, se presentan 4 ejemplos de cómo estas interfaces se están aplicando en apoyo a la estimulación cognitiva y a la rehabilitación física.

### **8.3. Interfaces naturales aplicadas en la cognición**

El envejecimiento de la población ha hecho más evidente el incremento de enfermedades asociadas a la edad las cuales pueden estar acompañadas de deterioro cognitivo. Además de la edad, la pérdida del contacto social contribuye a acelerar este deterioro (Orrell and Sahakian 1995). La literatura provee evidencia de que las personas que participan frecuentemente en actividades de estimulación cognitiva reducen el riesgo de padecer enfermedades relacionadas con el deterioro cognitivo o mejoran su comportamiento y funcionamiento cognitivo (Spector et al. 2003). Además, es altamente recomendable que los adultos mayores mantengan relaciones con otras personas de diversas edades (Morris et al. 2003), tal como su red social familiar (*e.g.*, hermanos, hijos, nietos). A continuación, se describen dos aplicaciones lúdicas de actividades de

estimulación cognitiva que se ha desarrollado, las cuales emplean interfaces naturales para facilitar la interacción del adulto mayor.

### **8.3.1. InTouchFun**

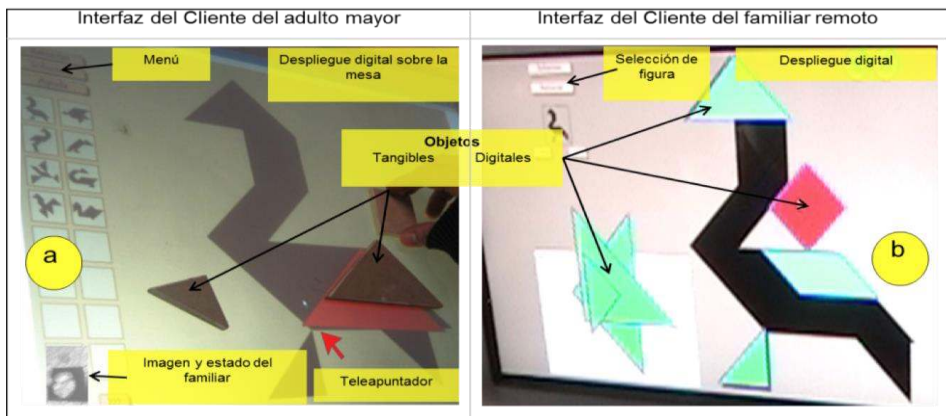
InTouchFun es un sistema tangible y colaborativo para la estimulación cognitiva, el cual facilita la interacción al adulto mayor a través de interfaces naturales y la integración de miembros de su red social durante las actividades, independientemente de su localización física.

Con el propósito de diseñar tecnologías de apoyo a las actividades de estimulación cognitiva de los adultos mayores se realizaron diversos estudios de observación, entrevistas y grupos focales para entender el proceso de proveer asistencia durante una sesión de estimulación cognitiva e identificar detalles de la red social de los adultos mayores (Meza-Kubo, Morán, and Rodríguez 2014).

Como resultado de los estudios cualitativos se estableció un conjunto de implicaciones de diseño para aplicaciones de estimulación cognitiva, las cuales fueron consideradas para el diseño y desarrollo de InTouchFun. Ésta integra actividades cognitivas, donde los adultos mayores deben armar figuras con las piezas del juego conocido como tangrama; y actividades de entretenimiento, que consisten en juegos tradicionales como el juego del gato y las damas inglesas. Estas actividades permiten la integración de un miembro de su red social familiar de forma remota.



La Figura 8-1 muestra las principales interfaces del juego del tangrama: la aplicación cliente del adulto mayor introduce el uso de objetos tangibles sobre la superficie de una mesa multitáctil, como medio alternativo de interacción para el adulto mayor. La aplicación cliente del familiar es una GUI tradicional, la cual básicamente replica la interfaz del adulto mayor y captura los gestos y audios del familiar para ser enviados a la aplicación cliente del adulto mayor (Meza-Kubo, Morán, and Rodríguez 2010).



**Figura 8-1.** Interfaces principales del juego del tangrama. a) Interfaz del adulto mayor con objetos tangibles y una proyección sobre la mesa multitáctil. b) Interfaz del participante remoto con objetos digitales en una computadora personal.

Para observar la interacción del adulto mayor y su familiar al utilizar las aplicaciones y conocer su percepción del sistema respecto al beneficio del uso de la tecnología y la facilidad de uso, se realizó un estudio donde participaron 7 parejas de adulto mayor-familiar. Las edades de los

adultos mayores fueron entre 65 y 87 años, y ninguno fue diagnosticado con deterioro cognitivo aparente, de acuerdo a los resultados del examen MMSE (Folstein, M. F., Robins, L. N., & Helzer 1983). Los participantes fueron colocados en habitaciones por separado para simular una situación de colaboración remota. Al final del juego se les aplicó un cuestionario de salida, donde se preguntó acerca de su percepción respecto al uso y utilidad de la aplicación empleando cuestionarios estándares. La mayoría de las preguntas fueron medidas en una escala *Likert* de 7 puntos, donde 1 representa “completamente en desacuerdo” y el 7 representa “completamente de acuerdo”.

Los resultados proveen evidencia de que todos los participantes percibieron el sistema InTouchFun como fácil de usar, siendo percibido ligeramente más fácil de usar por los familiares (6.76/7) que por los adultos mayores (6.47/7). Respecto a la percepción de utilidad, también proveen evidencia de que el sistema fue percibido como útil, tanto las actividades cognitivas (AC) como las actividades de entretenimiento (AE), siendo ligeramente percibida más útil por los adultos mayores (AC-6.63/7, AE-6.4/7) que por los familiares (AC-6.29/7, AE-6.24/7). Por otro lado, el sistema fue percibido como muy agradable tanto por los adultos mayores (6.92/7) como por sus familiares (6.33/7). Las actividades de entretenimiento fueron percibidas más agradables (adultos mayores 6.81/7, familiares 6.43/7) que las actividades cognitivas (adultos mayores 6.21/7, familiares 6.24/7). Además, respecto a la ansiedad, aunque no se presentó en los participantes, se percibe ligeramente más

alta para los adultos mayores (2.85/7) que para sus familiares (1.81/7). Finalmente, los resultados de la evaluación proporcionan evidencia de que existe una alta intención de uso, siendo está un poco mayor para el adulto mayor (6.33/7) que para sus familiares (5.79/7).

Los resultados de este trabajo proporcionan evidencia respecto a que i) el uso de interfaces naturales, como las interfaces tangibles, posibilitan y hacen más fácil el uso de la tecnología al adulto mayor; ii) facilitar la interacción de los adultos mayores con sus familiares les permite colaborar, competir y socializar; iii) la estimulación cognitiva puede ser realizada por los adultos mayores en sus hogares con apoyo de la tecnología; iv) el concepto de juego permite a los adultos mayores recibir terapia y los motiva a pasar tiempo realizando estas actividades; y v) monitorizar el desempeño del adulto mayor durante las actividades podría permitir evaluar su progreso y detectar de forma temprana algún problema de deterioro cognitivo.

### **8.3.2. Abueparty**

Abueparty es una aplicación para la estimulación cognitiva que implementa un tablero similar al del juego de serpientes y escaleras. Fue concebido siguiendo las guías de diseño propuestas en (Meza-kubo and Morán 2013). Abueparty integra una variedad de minijuegos que implementan retos cognitivos que los usuarios deben completar con el fin de avanzar a través del tablero y alcanzar la meta. El tablero consta de tres tipos de casillas: escaleras, serpientes y retos. Una escalera permite

subir al otro extremo y avanzar un determinado número de casillas, una serpiente, por el contrario, hace bajar por ella y retroceder un número determinado de casillas. Los retos se presentan en forma de minijuegos, y deben ser resueltos por el jugador para avanzar a la posición indicada en el tablero.

Existen tres tipos de retos cognitivos: i) retos musicales, ii) retos artísticos y iii) retos de coordinación.

Abueparty implementa interfaces de tacto, presión y barras deslizadoras para facilitar el uso al adulto mayor. La interacción táctil es implementada utilizando un monitor táctil estándar; las interfaces de presión y barras deslizadoras están implementadas por medio de un control personalizado (Figura 8-2). El control implementa cuatro botones de presión y dos barras deslizadoras utilizando dos sensores de tacto, dos sensores de fuerza y dos sensores de deslizamiento. Los sensores están conectados a la computadora a través de una tarjeta de entrada/salida de la compañía Phidgets<sup>18</sup>.

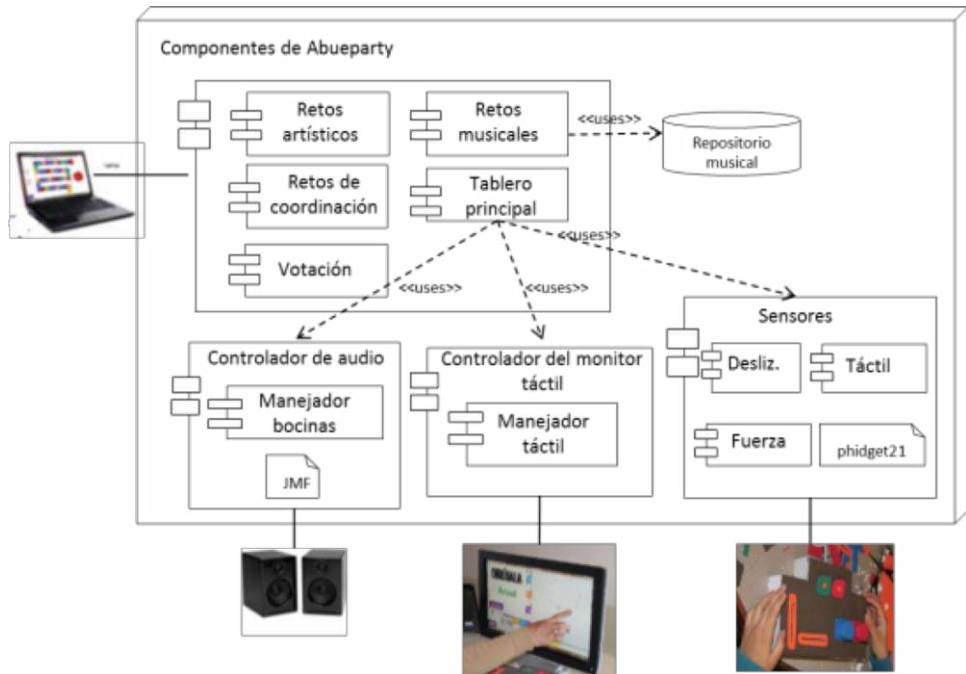
---

<sup>18</sup> [www.phidgets.com](http://www.phidgets.com)



**Figura 8-2.** Control personalizado con sensores de presión, tacto y deslizamiento.

La arquitectura de Abueparty se muestra en la Figura 8-3. Ésta contiene los principales componentes del juego de Serpientes y Escaleras, los minijuegos musicales, artísticos y de coordinación, y las interfaces de entrada/salida de los sensores implementados por el control. También hay un componente de Votación el cual es utilizado durante el juego con el control. Las interacciones del adulto mayor son a través del control y el monitor táctil. Finalmente, la arquitectura incluye un repositorio musical de canciones para los retos musicales.



**Figura 8-3.** Arquitectura general de Abueparty.

El objetivo de la evaluación de Abueparty fue verificar que la aplicación sea percibida por los adultos mayores como útil para promover su estimulación cognitiva, fácil de utilizar y que genera experiencias de usuario placenteras.

Se realizaron dos tipos de evaluaciones: una evaluación de usabilidad y una evaluación de experiencia de usuario, donde participaron 29 adultos mayores, 24 mujeres y 5 hombres, con edad media de 68.9 y desviación estándar de 1.33, quienes jugaron en grupos de 4.

El objetivo de la evaluación de usabilidad fue conocer la percepción de los usuarios después de haber utilizado la aplicación; usando

cuestionarios diseñados con base en el Modelo TAM (Davis 1989), el cual mide dos variables principales: la utilidad percibida, y la facilidad de uso percibida.

La evaluación de experiencia de usuario tiene el objetivo de verificar que los usuarios tengan una experiencia de usuario satisfactoria y divertida. En este trabajo se evaluó la experiencia de usuario con preguntas respecto a la experiencia de usuario percibida por los adultos mayores y su nivel de ansiedad en los cuestionarios (auto reporte) y a partir de la observación de las videgrabaciones realizadas durante la actividad (observación indirecta).

Los resultados de la evaluación indican que todos los participantes percibieron el sistema como útil (4.56/5) y proveen evidencia de que todos los participantes percibieron el sistema como fácil de usar (4.39/5). Además, respecto a la experiencia de usuario, los resultados muestran que los participantes encuentran el uso de Abueparty como divertido y satisfactorio (4.67/5). Respecto a la percepción de la intención de uso, los resultados de la evaluación brindan evidencia de que todos los participantes tienen una intención de uso positiva respecto al sistema (4.53/5). Además, basados en las preguntas adicionales incluidas en los cuestionarios, el 94% de los participantes dijeron que utilizarían la aplicación dos o más días por semana, y 74.46% de ellos la usarían una o más horas al día.

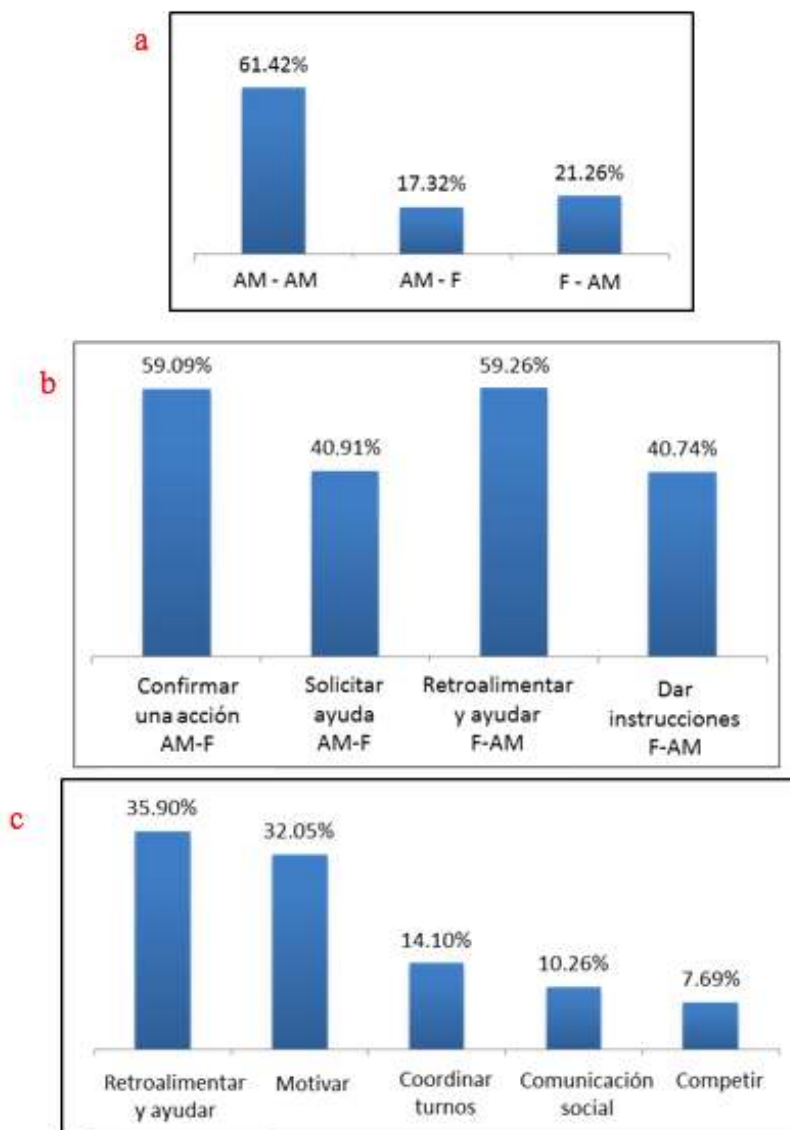
Por otra parte, respecto a la evaluación de la experiencia de usuario por observación, ésta fue medida con base en la información obtenida a través de la observación indirecta de las interacciones que se presentaron entre dos grupos de 4 adultos mayores durante la sesión del uso real de Abueparty.

Basados en el estudio de observación, se identificaron un conjunto de interacciones que ocurrieron entre los participantes, así como las funciones de estas interacciones.

Durante las 2 sesiones (50-60 minutos), se presentaron 127 interacciones entre los participantes. La Figura 8-4 presenta estos resultados.

Como se muestra en los resultados, los adultos mayores iniciaron la mayoría de las interacciones observadas (78.74%). Respecto a las interacciones entre adultos mayores, el hecho de que el 61.42% de todas las interacciones fueran realizadas sólo por los adultos mayores da evidencia de que la aplicación propuesta les permite jugar por ellos mismos la mayoría del tiempo. Además, las actividades de la aplicación propuesta permiten interacciones para motivar (35.05%) y competir (7.69%) entre los adultos mayores. Finalmente, Abueparty permitió a los adultos mayores divertirse durante el juego, y propiciar interacciones de comunicación social; mientras jugaban, los participantes hacían bromas y contaban chistes y anécdotas acerca de ellos y otros participantes.





**Figura 8-4.** a) Frecuencia de las interacciones entre los actores. b) Frecuencia de las funciones de las interacciones entre los adultos

mayores y el facilitador. c) Frecuencia de las funciones de las interacciones entre los Adultos mayores.

Los resultados de estas evaluaciones brindan evidencia de que el uso de modos de interacción más naturales como el control (tangible) personalizado y la pantalla táctil facilitaron la interacción de los adultos mayores con la aplicación. Además, también se constató que la dinámica del juego mantuvo a los adultos mayores activos y participativos, realizando sus retos, retroalimentando y motivando a los compañeros, y en un ambiente de risas y bromas, lo que permite concluir que estuvieron satisfechos con su actividad, divertidos y con una baja ansiedad, lo cual, en su conjunto tiene un impacto benéfico en el estado cognitivo de los participantes.

#### **8.4. Interfaces naturales aplicadas en la rehabilitación física**

Dada la combinación de cambios demográficos y la falta de recursos en el campo de la salud y las mejoras en la tecnología, se han desarrollado nuevas prácticas de rehabilitación motriz que benefician a los pacientes desde las perspectivas social, organizacional y económica. En años recientes los avances en la investigación, han reportado beneficios en el uso de interfaces naturales en apoyo de la terapia de masaje y la rehabilitación física de adultos mayores. Por un lado, los sistemas hápticos teleoperados permiten una terapia de masaje de manera remota, supervisada y en tiempo real a los pacientes (Ramírez-Fernández et al. 2017). Por otro lado, la rehabilitación física se apoya en juegos serios en

donde los pacientes ejecutan ejercicios lúdicos en un esquema de competencia y colaboración (Borrego et al. 2015).

A continuación, se describen un sistema teleoperado para la terapia de masaje y un sistema de rehabilitación física para extremidad superior que hemos desarrollado, los cuales utilizan interfaces naturales para facilitar la interacción tanto del terapeuta físico como del paciente que recibe la rehabilitación.

#### **8.4.1. GoodVybesConnect**

La falta de métodos que proporcionen rehabilitación en tiempo real, en una forma supervisada y remota, inhiben la atención de pacientes que requieren tratamiento de masaje de espalda. La terapia de masaje se ha convertido en la alternativa médica y complementaria (CAM, por sus siglas en inglés) más popular para el dolor de espalda (Cherkin et al. 2009). Sin embargo, a pesar de la disponibilidad de mecanismos novedosos para dar masajes de espalda, la terapia de masaje se sigue proporcionando principalmente de forma presencial con el paciente y el terapeuta (McEwen 2015).

GoodVybesConnect es un sistema háptico para la tele-rehabilitación motriz que permite la interacción en tiempo real entre el especialista y el paciente que recibe una terapia de masaje. Como resultado de un estudio cualitativo con especialistas se determinaron un conjunto de recomendaciones de diseño para tal sistema. Las recomendaciones de diseño consideran: i) administrar en línea los programas de terapia, ii)

realizar un tratamiento de masaje de espalda seguro y auto-ajutable usando un entorno virtual, iii) usar el sensor de gestos LEAP Motion para generar la terapia y el dispositivo háptico Vybe para recibir la terapia, y iv) guardar y ejecutar los masajes de acuerdo al programa de terapia. La Figura 8-5 presenta la arquitectura del sistema GoodVybesConnect (Ramírez-Fernández et al. 2016).



**Figura 8-5.** Arquitectura del sistema GoodVybesConnect.

El sistema fue evaluado en dos ocasiones, la primera evaluación con pacientes potenciales que recibirían la terapia (adultos mayores), mientras que la segunda evaluación con especialistas que proporcionarían la terapia. En la primera evaluación con 25 pacientes potenciales, se usaron instrumentos de auto-reporte (Escala *Likert* de 5 puntos) para determinar la percepción de usabilidad, estado de ánimo y sensación del masaje (retroalimentación háptica). Los resultados sugieren que los participantes perciben útil el sistema para la terapia de espalda (4.73/5), y

con alta intención de uso (4.72/5). El análisis del estado de ánimo indicó que en su mayoría los participantes se sintieron más tranquilos y felices al terminar la terapia de masaje. Por último, la sensación del masaje (retroalimentación háptica) fue percibida como segura (4.8/5), agradable (4.88/5) y confortable (4.8/5) (Ramírez-Fernández et al. 2016).

En la segunda evaluación con 10 especialistas, se usaron instrumentos de auto-reporte (Escala *Likert* de 5 puntos) para obtener la percepción de usabilidad y experiencia de uso del sistema. Los especialistas participaron en dos condiciones: como pacientes, y como terapeutas. Los resultados indican una alta percepción de usabilidad en ambas condiciones: como paciente (4.2/5), como terapeuta (4.3/5). Además, todos los participantes en su rol de terapeutas indicaron que usarían el sistema si estuviera disponible. Respecto a la sensación del masaje se percibió segura (4.6/5), agradable (3.6/5) y confortable (4.4/5). En la experiencia de uso, en promedio en ambas condiciones se obtuvieron valores similares. Por ejemplo, al recibir el masaje, todos negaron sentirse estresados (10/10) y la mayoría de los participantes negaron haber sentido miedo (9/10) o estar nerviosos (8/10). Del mismo modo, se puede enfatizar que la mayoría de ellos afirmaron sentirse relajados (9/10) y todos afirmaron haberse sentido felices (10/10).

Por último, basados en los comentarios y sugerencias de los especialistas, emergieron las implicaciones de diseño siguientes: i) ajustar las estrategias de terapia, ii) selección, delimitación y ajuste de las

zonas de masaje, iii) adecuada calibración y tamaño del dispositivo de masaje, iv) agregar temperatura e incrementar la intensidad de la retroalimentación háptica del masaje, y v) agregar retroalimentación háptica para proporcionar soporte a los movimientos del terapeuta y mejorar la representación visual en el entorno virtual (Ramírez-Fernández et al. 2017).

Los resultados de este trabajo en ambas evaluaciones, generan evidencia de una alta percepción de usabilidad, experiencia positiva del usuario (*i.e.*, relajación y alegría), y buena retroalimentación háptica (*i.e.*, segura, agradable y comfortable) proporcionada por el sistema. El uso de un sensor de gestos como interfaz para proporcionar el masaje remotamente y en tiempo real, permitió a los especialistas ejecutar los movimientos de masaje de manera natural. Además, el control de la intensidad del masaje de acuerdo al movimiento natural de las manos de los especialistas, y la retroalimentación visual y auditiva del sistema, beneficiaron la percepción de usabilidad y experiencia de uso. Por último, el dispositivo háptico utilizado en la salida, generó de manera natural las sensaciones de la terapia de masaje de espalda en apoyo de los usuarios atendidos de forma remota y en tiempo real.

#### **8.4.2. Balloons rescuer**

Los adultos mayores son un sector de la población que adquiere una importancia creciente debido a sus proyecciones de incremento para los próximos años. Esto destaca una mayor incidencia en esta población, de enfermedades relacionadas con el deterioro físico y los accidentes

cerebrovasculares. En la literatura existen diversos juegos serios para la rehabilitación virtual de extremidades superiores, *e.g.*, (Sucar et al. 2014). Sin embargo, la mayoría de las terapias no cuentan con mecanismos para monitorear a los pacientes y ajustar la terapia de forma remota; además de que los beneficios de juegos serios para dos usuarios aún requieren ser explorados (Borrego et al. 2015).

*Balloons Rescuer* es un juego serio para tele-rehabilitación que usa mecanismos para la configuración remota, monitorización, evaluación y adaptación de la terapia por los terapeutas según los resultados del paciente en la terapia, bajo un esquema de colaboración y competencia (Figura 8-6). Este juego serio se incorpora a la plataforma virtual de terapia *Gesture Therapy*, la cual es una herramienta de bajo costo que originalmente fue desarrollada para la rehabilitación virtual de extremidades superiores (Sucar et al. 2014). La plataforma utiliza un dispositivo de interacción distintivo que controla el avatar del usuario y la fuerza de la presión de los dedos a medida que los pacientes realizan la terapia.



Figura 8-6. El juego serio *Balloons Rescuer*.

El juego serio fue evaluado en dos partes. En la primera, los adultos mayores participaron en un estudio de usabilidad para evaluar la aplicación, en la segunda, un terapeuta experto fue entrevistado para obtener sus opiniones con respecto a la aplicación y el apoyo colaborativo. En el estudio de usabilidad, los participantes fueron 7 adultos mayores de 60 años o más, con género y estado social indistinto. La evaluación se realizó en un laboratorio de investigación, equipado con dos computadoras donde se instaló el juego *Balloons Rescuer*. Al finalizar el uso del juego serio, los adultos mayores contestaron dos auto-reportes (Escala *Likert* de 7 puntos): aceptación de la tecnología (cuestionario TAM) y escala de usabilidad del sistema (cuestionario SUS) (Brooke 1996). En los resultados de la evaluación con respecto a la facilidad de uso, los adultos mayores sugieren que el juego fue percibido como fácil de usar (7/7), fácil de operar (6/7), y fácil de aprender (7/7). Los participantes apreciaron la capacidad de conducir la terapia en



parejas. En cuanto a la utilidad, el juego fue percibido como útil para la rehabilitación física y cognitiva (6/7), y que podría ayudar a mejorar el rendimiento en actividades de la vida diaria (7/7), especialmente en la motilidad de miembros superiores (media 7/7). Con respecto a la intención de uso, la mayoría de los participantes declararon que la usarían si estuviera disponible en su casa, ya que es fácil interactuar con ella y operarla. En la evaluación con un terapeuta experto, respecto a la facilidad de uso, el terapeuta consideró que *Ballons Rescuer* era fácil de usar, y que el dispositivo de interacción es adecuado, ya que incluso los pacientes con espasticidad podrían manejarlo. También consideró que era fácil configurar una sesión de terapia, consultar el servicio de transmisión de video y consultar los resultados de la sesión de terapia de los pacientes en una página web. Con respecto a la utilidad, consideró que el juego abordaba adecuadamente aspectos de rehabilitación motriz y aspectos de estimulación cognitiva. También consideró que la función para permitir que los pacientes colaboren o compitan mientras realizan su terapia fue muy útil, ya que la interacción y la socialización del paciente son muy recomendables (Alankus and Kelleher 2015). Finalmente, con respecto a las características dirigidas al terapeuta, las consideró como los aspectos más útiles de la propuesta, ya que estas características le permitirían estar prácticamente presente durante la sesión de terapia remota. Esta presencia virtual generaría una sensación benéfica de apoyo y empatía hacia el paciente (Borrego et al. 2015).

Los principales hallazgos indican que los adultos mayores consideraron que *Ballons Rescuer* era muy útil y fácil de usar dada la interfaz natural usada en la interacción. Además, informaron que tenían una alta intención de usarlo si lo tuvieran disponible en casa. El terapeuta también consideró que *Ballons Rescuer* era útil y fácil de usar, y destacó la facilidad de uso de la interfaz de interacción, incluso para adultos mayores con espasticidad. De esta manera, mediante el uso de la interfaz natural se obtiene la capacidad de medir, adecuar, y acompañar a los adultos mayores durante la realización de su ejercicio de terapia.

## **8.5. Conclusiones**

En el área de las tecnologías de cómputo aplicadas a la salud, particularmente aquellas para la estimulación cognitiva y la rehabilitación motriz, una barrera importante que puede inhibir la adopción de la tecnología propuesta para este fin es que los usuarios las encuentran poco útiles, difíciles de utilizar y que no les generen experiencias de usuario adecuadas como para sentirse a gusto y motivados a utilizarlas para realizar sus terapias.

En este capítulo se ilustra el uso de varias interfaces naturales como mecanismos alternativos de interacción en 4 aplicaciones del área de la salud, particularmente para estimulación cognitiva y rehabilitación motriz.

En *InTouchFun*, un juego de mesa para la estimulación cognitiva, el cual se usa de manera presencial por el paciente y que puede ser

acompañado remotamente por un familiar, se introduce el uso de objetos tangibles sobre una mesa multitáctil para el paciente, además de la GUI para el familiar. En *Abueparty*, un juego de mesa multiusuario para estimulación cognitiva, se introduce el uso de un control personalizado tangible, con botones físicos y controles de deslizamiento (deslizadores - sliders) que corresponden a los botones y deslizadores virtuales en la aplicación, además de una pantalla táctil y la GUI. En *GoodVybesConnect*, un sistema para proporcionar terapia de masaje de espalda en forma remota y en tiempo real, se utilizan una interfaz de gestos para leer los movimientos de las manos del terapeuta que da el masaje en forma virtual y un cojín háptico que se utiliza para proporcionar realmente el masaje de espalda al paciente en el sitio remoto. Finalmente, en *Ballons Rescuer*, un videojuego para rehabilitación de extremidad superior y para estimulación cognitiva para ser usado por dos pacientes de manera simultánea, se utiliza una manija física especializada a través de la cual se monitorizan los movimientos reales de la extremidad superior de los pacientes mientras que estos colaboran y compiten en la realización de la terapia a través de las actividades y retos del juego.

De acuerdo con los resultados obtenidos en la evaluación de las 4 propuestas, el uso de interfaces naturales como complemento a las interfaces tradicionales, facilitan y promueven el uso de la tecnología, al permitir modalidades de interacción que consideran algunas de las condiciones particulares de los usuarios a los cuales están dirigidas. En el

caso de estos usuarios, estas condiciones llegan a representar barreras importantes para el uso y la adopción de la tecnología (*e.g.*, bajo nivel de alfabetización, baja motilidad de la extremidad superior por deterioro físico o cognitivo relacionado con la edad, baja motilidad de la extremidad superior por otro tipo de afectación).

El uso de interfaces naturales, dadas estas condiciones particulares de nuestros usuarios, no sólo permiten, sino que promueven el uso tanto de las interfaces naturales en particular como de las aplicaciones en general y hacen que ambas sean percibidas en los cuatro casos como útiles, fáciles de usar y generando experiencias de usuario placenteras, tanto para los pacientes, como para los terapeutas y familiares que participan en las terapias.

## **8.6. Referencias**

- Alankus, Gazihan, and Caitlin Kelleher. 2015. "Reducing Compensatory Motions in Motion-Based Video Games for Stroke Rehabilitation." *Human-Computer Interaction* 30 (3-4): 232-62. <https://doi.org/10.1080/07370024.2014.985826>.
- Borrego, G., A.L. Morán, A. LaFlor, V. Meza-Kubo, E. García-Canseco, F. Orihuela-Espina, and L.E. Sucar. 2015. "Pilot Evaluation of a Collaborative Game for Motor Tele-Rehabilitation and Cognitive Stimulation of the Elderly." In *Lecture Notes in Computer Science*. Springer, 9455:42-48. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-26410-3>.

- Brooke, John. 1996. "SUS-A Quick and Dirty Usability Scale." *Usability Evaluation in Industry* 189: 194.  
<https://doi.org/10.1002/hbm.20701>.
- Cherkin, Daniel C, Karen J Sherman, Janet Kahn, Janet H Erro, Richard A Deyo, Sebastien J Haneuse, and Andrea J Cook. 2009. "Effectiveness of Focused Structural Massage and Relaxation Massage for Chronic Low Back Pain: Protocol for a Randomized Controlled Trial." *Trials* 10: 96. <https://doi.org/10.1186/1745-6215-10-96>.
- Davis, F. 1989. "Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology." *MIS Quarterly* 13 (3): 319–40.
- Folstein, M. F., Robins, L. N., & Helzer, J. E. 1983. "The Mini-Mental State Examination." *Archives of General Psychiatry* 40 (7): 1983.
- McEwen, S. 2015. "Social Work in Health Care When Conventional Meets Complementary: Nonspecific Back Pain and Massage Therapy." *Health and Social Work* 40 (1): 19–25.
- Meza-Kubo, V., A. L. Morán, and M. Rodríguez. 2010. "IntouchFun, a Pervasive Collaborative System to Cope with Elder's Isolation and Cognitive Decline." In *UbiComp*, 1–4.

- Meza-Kubo, V., A. L. Morán, and M. D. Rodríguez. 2014. “Bridging the Gap between Illiterate Older Adults and Cognitive Stimulation Technologies through Pervasive Computing.” *Universal Access in the Information Society* 13 (1): 33–44.
- Meza-kubo, Victoria, and Alberto L Morán. 2013. “UCSA : A Design Framework for Usable Cognitive Systems for the Worried-Well.” *Personal and Ubiquitous Computing* 17: 1135–45.
- Morris, M., J. Lundell, E. Dishman, and B. Needham. 2003. “New Perspectives on Ubiquitous Computing from Ethnographic Study of Elders with Cognitive Decline.” In *International Conference on Ubiquitous Computing*, 227–42. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Orrell, Martin, and Barbara Sahakian. 1995. “Research Evidence Supports the Concept ‘Use It or Lose It.’” *BMJ* 310: 951.
- Preece, J., Y. Rogers, and H. Sharp. 2015. *Interaction Design: Beyond Human-Computer Interaction*. John Wiley & Sons.
- Ramírez-Fernández, C., Eloísa García-Canseco, Alberto L. Morán, Oliver Pabloff, David Bonilla, Nirvana Green, and Victoria Meza-Kubo. 2016. “GoodVybesConnect: A Real-Time Haptic Enhanced Tele-Rehabilitation System for Massage Therapy.” In *Lecture Notes in Computer Science: Ubiquitous Computing and Ambient Intelligence*, edited by Quesada-Arencibia A. García C.,

Caballero-Gil P., Burmester M., 487–96. Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-48746-5\\_50](https://doi.org/10.1007/978-3-319-48746-5_50).

Ramírez-Fernández, C., V. Meza-Kubo, E. García-Canseco, A. Morán, O. Pabloff, D. Bonilla, and N. Green. 2017. “Massage Therapy of the Back Using a Real-Time Haptic-Enhanced Telerehabilitation System.” *Mobile Information Systems 2017*: 10. <https://doi.org/https://doi.org/10.1155/2017/5253613>.

Spector, Aimee, Lene Thorgrimsen, B O B Woods, Lindsay Royan, Steve Davies, Margaret B U T Terworth, and Martin Orrell. 2003. “Ovid: Efficacy of an Evidence-Based Cognitive Stimulation Therapy Programme for People with Dementia: Randomised Controlled Trial.” *British Journal of Psychiatry* 183 (1): 248–54.

Sucar, L., F. Orihuela-Espina, R. Velazquez, D. Reinkensmeyer, R. Leder, and J. Hernandez-Franco. 2014. “Gesture Therapy: An Upper Limb Virtual Reality-Based Motor Rehabilitation Platform.” *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering* 22 (3): 634–43.

## **Capítulo 9**

# **Cómputo Ambiental para Mejorar la Adherencia a la Medicación del Adulto Mayor**

Marcela D. Rodríguez Urrea Universidad Autónoma de Baja California (UABC)

Juan Pablo García Vázquez Universidad Autónoma de Baja California (UABC)

Ángel G. Andrade Reátiga, Universidad Autónoma de Baja California (UABC)

### **9.1. Introducción**

Una actividad de vida diaria (AVD) crítica para que el adulto mayor sea independiente en casa, es que pueda administrarse su medicación (Orwig et al., 2006). Aproximadamente del 20 - 50% de los adultos mayores no toman al menos el 80% de sus medicamentos prescritos (Kripalani, 2007). Esto trae como consecuencia la aparición de complicaciones, pérdida del control de la enfermedad, altos costos en el sistema de salud, y la pérdida de calidad de vida (Mir et al., 2004). Estudios reportan las diversas barreras que enfrentan los pacientes mayores de 65 años, tales como, tener un régimen terapéutico complejo debido a que tienen múltiples enfermedades crónicas, es decir, toman más de dos medicamentos en diversos horarios y



frecuencia (Orwig et al., 2006). Adicionalmente, influyen en su adherencia, aspectos psicosociales relacionados con sus creencias, actitudes y su representación mental de la enfermedad; esto es, pierden la confianza en el medicamento o niegan su enfermedad, por lo que rehúsan medicarse (Mir et al., 2004). Lo anterior ha motivado a explorar intervenciones apoyadas por tecnologías que ayuden a mejorar la adherencia a la medicación.

### **9.1.1. Cómputo ambiental**

Para lograr la adopción por los adultos mayores de sistemas que apoyen el cumplimiento de su medicación, se debe considerar las necesidades y problemas que enfrentan para medicarse, tales como declive cognoscitivo, una disminución en sus niveles de atención, o rechazo a las nuevas tecnologías por considerarlas complejas de usar. En el caso de los adultos mayores con capacidad funcional preservada, adoptan tecnologías de asistencia, siempre que sean acordes a sus deseos estéticos (Forlizzi et al., 2004), y que provean de interfaces de usuario que resulten fáciles de utilizar en dos aspectos: siendo intuitivas, es decir, minimizando la necesidad de aprender a utilizarlas (Gudur et al., 2009), y siendo fáciles de comprender, esto es, que las funciones y elementos informativos sean expresados en términos del mundo real, ya que esto facilita su interpretación (Leonardi et al., 2008). Finalmente, los sistemas no deben evidenciar las discapacidades de los adultos mayores, ya que podría causar que se sientan avergonzados, o incluso estigmatizados (Hirsch et al., 2000).

Así, lo recomendable es diseñar tecnología de asistencia integrada naturalmente al ambiente y actividades del adulto mayor (Rogers et al., 2005).

Un enfoque tecnológico que por el modo de interacción que soporta, consideramos sería adecuado para facilitar su uso y adopción por el adulto mayor, son los visualizadores ambientales. Estas son aplicaciones de cómputo ambiental que se caracterizan por ser estéticamente placenteras, que proporcionan información valiosa para el usuario sin causar interrupciones indeseadas, y que son fáciles de comprender, ya que utilizan representaciones basadas en abstracciones y cambios ambientales tal como luz, sonido y movimiento (Pousman et al., 2006). Por lo tanto, el reto es diseñar visualizadores ambientales que requieran la mínima atención y esfuerzo cognitivo de los adultos mayores para que comprendan la información que presentan, y que los perciban como estéticos y naturalmente integrados a su ambiente. Esto, debido a que no existen guías de diseño de visualizadores ambientales para adultos mayores, tal como existen para diseñar sistemas interactivos para la Web o sistemas móviles (Kurniawan et al., 2005).

Con base a lo anterior, el objetivo de este trabajo es determinar la utilidad de las pistas contextuales principios de diseño para desarrollar visualizadores ambientales que asistan al adulto mayor con el cumplimiento de su medicación.

### **9.1.2. Enfoques tecnológicos para apoyar la medicación**

Existen diversos estudios publicados en la última década, los cuales evaluaron intervenciones tecnológicas para apoyar diversas estrategias clínicas que ayudan a mejorar la adherencia a la medicación. Estas estrategias se dividen en conductuales, las cuales consisten en proveer recordatorios (Robiner et al., 2015, Reeder et al., 2013; Morawski et al., 2017; Perera et al., 2014; Patel et al., 2013); retroalimentación (Lee et al., 2014; Morawski et al., 2017; Mertens et al., 2016; Patel et al., 2013), y monitorear la toma del medicamento (Lee et al., 2014; Perera et al., 2014; Robiner et al., 2015). Estos estudios han evaluado el efecto de usar las tecnologías en la adherencia a la medicación, así como su aceptación. Sin embargo, se limitan a evaluar la adherencia a medicamentos tomados para una condición de salud en particular, y no toman en cuenta adultos mayores con múltiples morbilidades y polifarmacia, los cuales son factores que contribuyen a incrementar el riesgo de no-adherencia (Williams et al., 2008; Claxton et al., 2001). Aunados a los anteriores factores, están el nivel de analfabetismo, factores culturales y el apoyo social inadecuado (Williams et al., 2008). En este sentido, no analizan como tales tecnologías afectan el apoyo social que los cuidadores familiares les brindan.

### **9.1.3. Visualizador ambiental para apoyar la medicación**

En contraste con los trabajos analizados anteriormente, nuestro enfoque tecnológico utiliza modalidades ambientales para proveer pistas externas que incrementan el proceso cognitivo de recuperación

de la acción planeada (*i.e.*, tomar los medicamentos) y dan conciencia diaria e inmediata del cumplimiento de la medicación. Para explorar nuestro enfoque, seguimos una metodología basada en el Diseño Centrado en el Usuario, que nos permitió desarrollar el visualizador ambiental MAD (*Medication Ambient Display*).

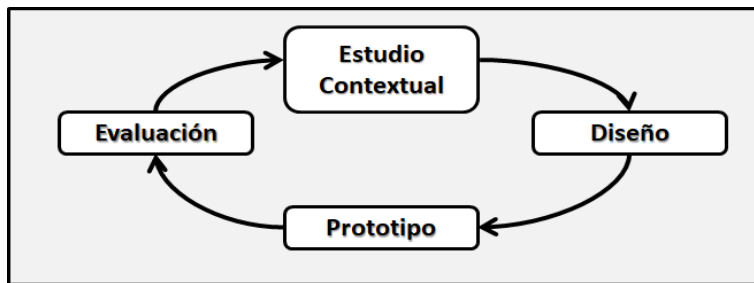


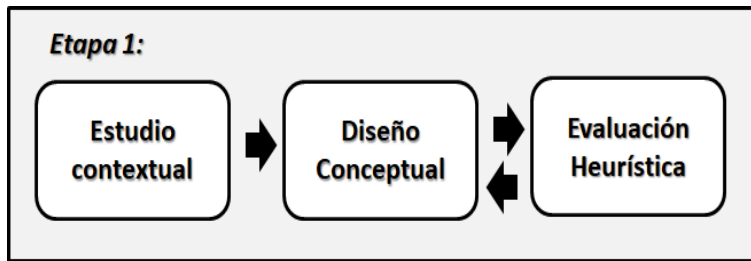
Figura 9-1. Metodología del proyecto, basada en el Diseño Centrado en el Usuario.

Las dos etapas seguidas para desarrollar MAD se presenta en la Figura 9-1, el cual fue un proceso de diseño iterativo como se aprecia en esta metodología, la evaluación debe ocurrir a través del proceso de diseño. En particular, la primera evaluación de un sistema idealmente se realiza antes de cualquier implementación. Como explicaremos en las siguientes secciones, nuestro proyecto incluyó: casos de estudio, así como generación de prototipos de diferentes niveles de fidelidad (*i.e.*, prototipos en papel, semi-funcionales y funcionales), los cuales fueron evaluados con expertos y posteriormente con usuarios.

## 9.2. Diseño de la interacción de MAD 1.0

### 9.2.1. Estudio contextual

El proceso de diseño seguido en la primera etapa del proyecto se ilustra en la Figura 9-2. El proyecto inició con un estudio contextual realizado para entender las necesidades y problemas que los adultos mayores enfrentan para cumplir con su prescripción médica. Este estudio se describe en (García-Vázquez et al., 2010) y se resumen a continuación.



**Figura 9-2.** Proceso seguido en el diseño del primer prototipo de MAD.

Se reclutaron 17 adultos mayores de 28 que fueron contactados, quienes cumplían con los siguientes criterios de inclusión: tenían más de sesenta años de edad, tomaban tres o más medicamentos prescritos y no requerían apoyo de familiares o cuidadores formales para tomarse sus medicamentos.

A los adultos mayores incluidos en el estudio, se les realizó una entrevista semi-estructurada en su hogar de 40 minutos aproximadamente. La entrevista se basó en el instrumento MedMaIDE

(*Medication Management Instrument for Deficiencies in the Elderly*), que permite identificar las deficiencias del adulto mayor para administrarse su medicación (Orwig et al., 2006). Adicionalmente, se observaron algunos factores del entorno del adulto mayor que podrían influir en la administración de sus medicamentos, por ejemplo, cómo los organiza. Se realizó un análisis temático a los datos cualitativos recabados mediante entrevistas.

Se identificó que el adulto mayor está consciente de la disminución de algunas de sus capacidades físicas y cognitivas, las cuales los hacen más propensos a cometer errores en la medicación. Por lo anterior, crean sus propias estrategias para compensar la disminución de sus capacidades, y adherirse a la medicación, las cuales se categorizan en:

**Ubicación:** Esto es, que colocan su medicamento en un lugar específico que la haga visible o sobresaliente. La mayoría de los participantes reportaron (11/17) se medican en la cocina, seguido de (4/17) la recámara y (2/17) la sala. La razón es porque son los lugares donde pasan la mayor parte del tiempo, lo que les ayuda a recordar que deben tomar sus medicamentos.

**Ordenación:** Se identificó que la mayoría (16/17) de los adultos mayores ordenan sus medicamentos de acuerdo a diferentes criterios. Por ejemplo, el adulto mayor ADM04 dijo: “*ahí las*

*tengo [señalando el trastero en la cocina], ya las tengo acomodadas [de mayor a menor frecuencia], ya se cual me toca a cada hora, [los] tengo ordenados para no tomármelas repetidas”*. Mientras que otros reportaron utilizar contenedores que les facilita ordenarlas por semana.

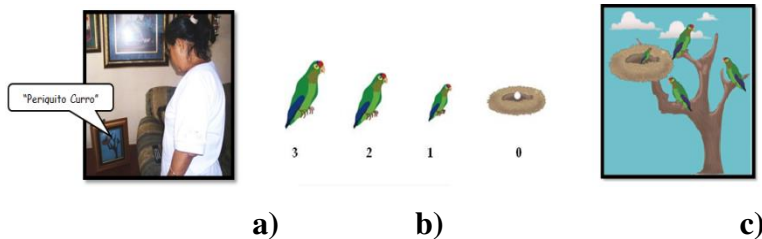
**Notas:** Tres adultos mayores (3/17) dijeron generan sus propias notas para recordar el nombre y propósito por el cual toman sus medicamentos las cuales colocan junto con su medicamento. Por ejemplo, el ADM07 dijo: *“Sí los tengo apuntados [los medicamentos] en una agenda para recordar el nombre y para qué es”*.

### **9.2.2. Diseño conceptual**

Se diseñaron visualizadores que mediante las siguientes modalidades ambientales, que apoyan las estrategias que utiliza el adulto mayor basadas en el uso de pistas contextuales, identificadas en el estudio anterior:

**Representaciones abstractas de la adherencia:** Para motivar al adulto mayor a no abandonar su tratamiento farmacológico, se empleó como técnica psicológica el cuidado de mascotas (Westgarth et al, 2014). Esta metáfora tiene como propósito concientizar al adulto mayor sobre su propia responsabilidad de cuidar su salud, tal como gustosamente adquiere la responsabilidad de cuidar mascotas. La metáfora representa el

cumplimiento de la medicación, la cual debe ser fácil de monitorear. Para abordar estos requerimientos, se diseñó el visualizador para ser colocado como un porta-retratos en la ubicación que el adulto mayor suele medicarse. Tal como se muestra en la Figura 9-3c, el porta-retrato representa de forma estilizada las últimas cuatro semanas del cumplimiento de la medicación mediante el comportamiento y crecimiento de cuatro pericos que respectivamente representaban la adherencia de las últimas 4 semanas de medicación (Figura 9-3a). Cada uno de ellos presentando hasta cuatro niveles de crecimiento, considerando que regularmente los medicamentos se recetan para tomarse con una frecuencia diaria de 1 hasta 4 veces al día (Figura 9-3b). Así, de acuerdo a la Figura 9-3c, el perico sobre el nido representa la adherencia de la medicación de la semana actual, mientras los otros tres representan las semanas anteriores respectivamente.



**Figura 9-3.** Representaciones de la información usadas por el sistema; a) Notificaciones auditivas asociadas a la metáfora para recordar la medicación; b y c) Notificaciones visuales basadas en pictogramas para representar el cumplimiento de la medicación de la Sra. María.



**Notificaciones auditivas asociadas a la metáfora:** Mediante una notificación auditiva, asociada con la estrategia de cuidado de mascotas, se recuerda tomar la medicación. Por lo que el adulto mayor escuchará un canto de un perico en los horarios establecidos para medicarse.

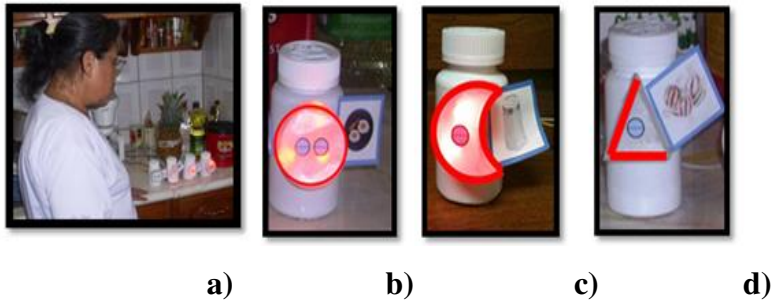
**Notificaciones visuales basadas en pictogramas:** Esta presenta información crítica al adulto mayor acerca de los medicamentos que debe tomar, y que lo guían a tomar los medicamentos y dosis adecuadas. (Figura 9-4). El pictograma presenta: a) el nombre del medicamento; b) una imagen representativa al problema de salud por el que necesita tomar este medicamento; c) la cantidad de medicamento que debe tomar; y d) la hora.

**Interfaces geométricas para guiar la medicación:** Se diseñaron interfaces de usuario geométricas para empotrarse a los contenedores de cada medicamento que el adulto mayor necesita tomar, las cuales permiten que el adulto mayor tenga consciencia de la siguiente información (Figura 9-5a): (1) *Frecuencia*, es decir, el número de veces que necesita tomar cada medicamento durante el día, lo cual se representa por el número de lados de cada interfaz de usuario. Por ejemplo, la interfaz con forma circular se asocia a los medicamentos a tomarse cada 24 horas; y la triangular a medicamentos a

tomarse cada 8 horas; (2) *Medicamentos a tomar*, lo que se indica mediante un patrón de iluminación de los lados de la interfaz; (3) *El cumplimiento diario*, esto se refleja mediante el patrón de iluminación mencionado anteriormente, que consiste en iluminar los lados de la interfaz de acuerdo a las veces que se ha ingerido el medicamento durante el día. Por ejemplo, en la Figura 9-5d, se muestra una interfaz de usuario triangular con dos lados iluminados, que indica que se ha ingerido dos veces el medicamento. La iluminación se desactiva una vez que se detecta que el adulto mayor tomó el medicamento o después de un tiempo predefinido (por ejemplo: 30 minutos); y (4) *Información crítica del medicamento*, representada como pictogramas, tal como se presenta en MAD 1.0, lo que permite la asociación del recordatorio con el medicamento a tomarse.



**Figura 9-4.** Sistema notificando auditivamente a la Sra. María que debe tomar una pastilla de enalapril.



**Figura 9-5.** Sistema: a) indicando a la Sra. María cuales medicamentos debe tomar; b) interfaz indicando tomar dos pastillas de la única dosis del día para controlar el colesterol, c) interfaz indicando tomar una pastilla de la segunda dosis del día para controlar la presión arterial, d) interfaz indicando tomar una pastilla de su segunda dosis del día para la diabetes.

Para ilustrar la funcionalidad de MAD 1.0, se presenta el siguiente escenario de uso:

*“Mientras la sra. María lee una novela, escucha el canto de los pericos proveniente del sistema MAD 1.0 que le recuerda tomar sus medicinas. Decide interrumpir la lectura para acercarse a sus medicamentos (ver Figura 9-5a). En donde el MAD 1.0 le indica cuáles medicamentos necesita tomar. La Sra. María toma el frasco con la interfaz circular que contiene la medicina para controlar su colesterol, y de la cual debe tomar dos pastillas diariamente (ver Figura 9-5b). Después, toma el medicamento para controlar su presión arterial. Al observar la interfaz, identifica que debe tomar dos pastillas y que ésta es la última dosis del día, ya que ambos lados de la interfaz están*

*iluminados (Figura 9-5c). Cuando regresa a continuar la lectura de su libro escucha que sus pericos han aprendido una de sus frases favoritas “periquito curro”, y que el periquito en el nido está creciendo como lo esperaba (ver Figura 9-3c).”*

### **9.2.3. Evaluación heurística**

Mediante una inspección de características por expertos, se verificaron que los diseños anteriores cumplieran con un conjunto de características de diseño necesarias para facilitar que los usuarios interactúen con estos. Las características inspeccionadas fueron los principios de diseño (C1-C8) propuestos por Mankoff et al. (2003), los cuales pueden ser utilizados como guías de diseño o para evaluar la efectividad y usabilidad de pantallas ambientales (Pousman et al., 2006). Adicionalmente, al listado se agregaron características de diseño para conocer si las estrategias que apoyan (C9) son comprensibles y si los objetos que propusimos utilizar como visualizadores ambientales son adecuados (C10).

Diecisiete (17) evaluadores participaron en la evaluación: siete (7/17) fueron clasificados como Expertos Especialistas (EE) por ser profesionistas en el área de Cs. de la Computación; cinco (5/17) eran Doblemente Expertos Especialistas (DEE) ya que tenían el perfil de EE además de conocimientos en Ingeniería de la Usabilidad; y cinco (5) eran Expertos de Dominio (ED) quienes eran profesionales de la salud y del cuidado del adulto mayor (Rodríguez et al., 2011). Cada grupo participó en una sesión de 2 horas aproximadamente. Durante

esta se les presentó la motivación para desarrollar los visualizadores, el diseño de estos, y posteriormente, se les solicitó que individualmente evaluaran cada visualizadores. Para ello especificaron un nivel de aceptación de cada característica de diseño mediante una escala *Likert* de -2 (completamente en desacuerdo) a 2 (completamente de acuerdo); adicionalmente justificaron sus respuestas en preguntas abiertas. Así, de acuerdo con la escala *Likert* utilizada, un promedio  $<1$  indica que el sistema no cumple apropiadamente con la característica respectiva (García-Vázquez et al., 2011, Rodríguez et al., 2011). De analizar los comentarios de los evaluadores, se identificaron los problemas de usabilidad y se propusieron recomendaciones de diseño que fueron reportadas en los siguientes artículos (García-Vázquez et al., 2011, Rodríguez et al., 2011).

De este estudio se obtuvieron los siguientes problemas de usabilidad:

**Problema 1 - Es difícil percibir los cambios en los niveles de crecimiento de las aves:** Doce evaluadores (12/17) comentaron que no es fácil percibir el cambio de tamaño en el perico que representa el cumplimiento de la medicación del adulto mayor, por lo tanto, es difícil comprender el estado del cumplimiento de la medicación.

**Problema 2 - No es fácil identificar la semana que cada perico representa:** Cinco evaluadores (5/17), consideraron que no es fácil identificar la semana de medicación representada por cada perico.

**Problema 3 - El utilizar imágenes de alimentos (recomendados o restringidos) podría causar que el adulto mayor lo relacione con una regla para medicarse, en lugar de con el padecimiento que se aborda con el medicamento:** Siete evaluadores (7/17) comentaron que el utilizar imágenes asociadas con alimentos restringidos o recomendados para la enfermedad que padece, puede confundir al adulto mayor causando que asocie la imagen con una regla en vez de asociarla con el padecimiento por el cual toma el medicamento.

**Problema 4 - El poco contraste de color entre las imágenes y el fondo, podría causar que no se identifique fácilmente la información de la notificación visual:** Un evaluador (1/17) experto de dominio consideró que no es fácil de identificar la información de la notificación visual.

**Problema 5 - El uso de texto en la interfaz podría limitar su uso, en adultos mayores con limitaciones para leer:** Un evaluador (ED5(0)-C5) comentó que el uso de texto podría afectar la fácil percepción de la información que provee el

sistema MAD 1.0 para hacerlo consciente del medicamento que debe tomar; principalmente para adultos mayores con limitaciones para leer.

**Problema 6 - Asociar las figuras geométricas con la frecuencia de la toma de medicamento es una tarea compleja:** Trece evaluadores (13/16) comentaron que MAD 1.0 agrega una carga cognitiva alta, por lo que podría ser difícil para el adulto mayor recordar que significan las figuras geométricas.

Con base en los resultados de la evaluación y los problemas de usabilidad, se identificaron las siguientes recomendaciones de diseño:

**Recomendación 1:** Incluir otras características asociadas al crecimiento, estado emocional o estado de salud del ave, que permitan representar el cumplimiento diario e inmediato de la medicación.

**Recomendación 2:** El sistema debe tener elementos visuales y auditivos que indiquen la existencia de cuántos medicamentos deben ser tomados.

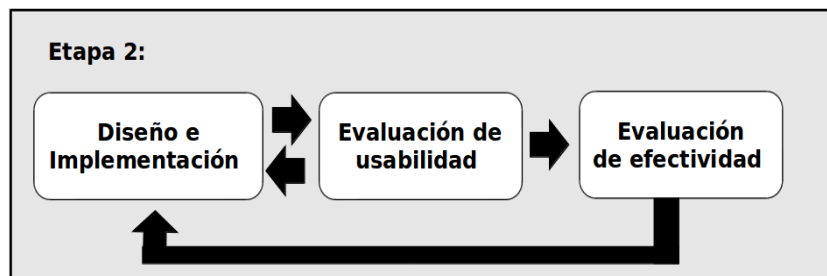
**Recomendación 3:** Se recomienda utilizar representaciones reales de la forma y el color correspondiente a cada medicamento, similar a como ya que esto ha sido empleado

satisfactoriamente en pictogramas que proporcionan instrucciones de la medicación (Kripalani et al., 2007).

**Recomendación 4:** El sistema MAD 1.0 debe incorporar información sobre el cumplimiento o no cumplimiento de la medicación mediante elementos visuales que ayuden a dar consciencia al adulto mayor de que ha tomado o no el medicamento que se le está recordando.

### 9.3. Diseño de interacción de MAD 2.0

MAD fue re-diseñado considerando los problemas de usabilidad y recomendaciones de diseño identificados en la Etapa 1., posteriormente fue evaluado tal como se presenta en la Figura 9-6.



**Figura 9-6.** Proceso seguido en el diseño del segundo prototipo de MAD.

#### 9.3.1. Diseño e implementación

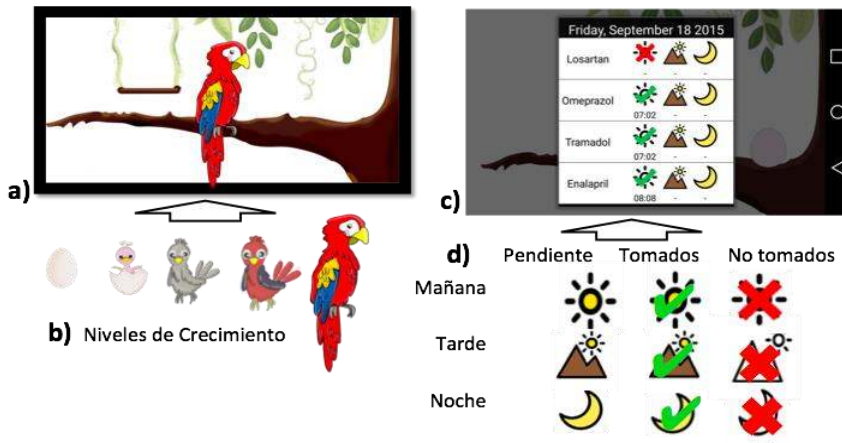
MAD 2.0 provee las siguientes pistas contextuales que tienen como propósito mejorar la adherencia a la medicación del adulto mayor:



**Representaciones abstractas de la adherencia:** Cómo se muestra en la Figura 9-7a, la representación abstracta consiste de un solo carácter animado *i.e.*, una mascota, cuyo crecimiento y comportamiento simbolizan la adherencia diaria a la medicación. Cada día, un perico recién nacido aparece y crece conforme se toman los medicamentos del día.

**Notificaciones auditivas asociadas a la metáfora:** Similar que en MAD 1.0, se generan recordatorios basados en la metáfora de la mascota; esto es, el canto del perico para recordar tomarse el medicamento.

**Notificaciones visuales basadas en pictogramas:** En esta versión, los pictogramas incluyen imágenes del medicamento a tomar: fotografía de la caja y su respectiva pastilla. Adicionalmente, incluye en el marco derecho, íconos representativos de la frecuencia con la que debe tomarse cada medicamento, que se enfatizan si las respectivas dosis fueron tomada o no (Figura 9-8).



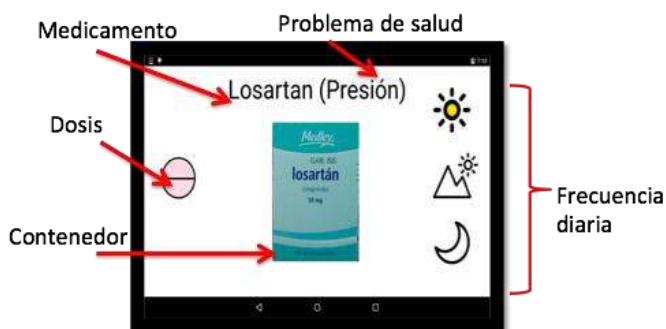
**Figura 9-7.** Representaciones de la adherencia a la medicación.

### Representación detallada de la adherencia diaria a la medicación:

Al tocar cualquier punto del visualizador ambiental, éste presenta información detallada sobre los medicamentos tomados, no tomados y pendientes de tomar del día actual. Estas representaciones utilizan la notación mostrada en la Figura 9-7d. Por ejemplo, en la Figura 9-7c, MAD indica que el adulto mayor tomó 4 medicamentos, y que cada uno de ellos debe tomarse 3 veces al día: mañana, tarde y noche. Además, indica que el medicamento de la mañana (Losartán) no fue tomado; y que la dosis de la tarde y la noche están pendiente de tomarse.

**Eventos generados por el adulto mayor para registrar que el medicamento fue tomado:** Este consiste en explícitamente registrar la toma del medicamento en el sistema. Consideramos

que este evento funciona como pista contextual, que ayuda a recordar si el medicamento fue tomado (Rodríguez et al., 2015). Tal como se muestra en Figura 9-9a, después de que el adulto mayor se medique, debe acercar el contenedor de píldoras a la Tableta para que sea registrado como tomado.

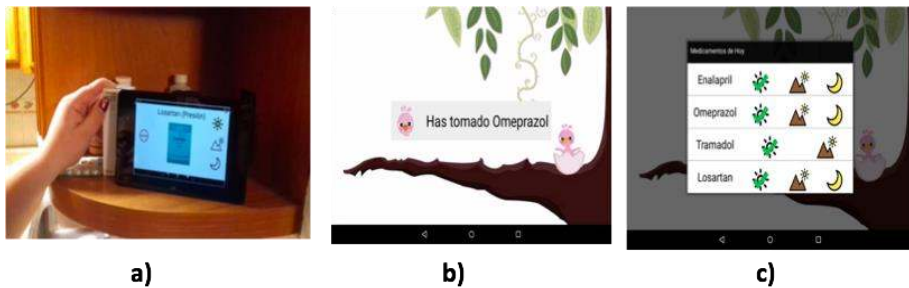


**Figura 9-8.** Pictograma para recordar el medicamento a tomar y guiar la medicación.

Para ilustrar la funcionalidad de MAD 2.0 se presenta el siguiente escenario de uso:

*“Son las 7:00 am y Martín se encuentra desayunando cuando escucha el silbido proveniente de su sistema MAD, el cual le recuerda que es hora de tomar su pastilla de Losartán para la presión (Figura 9-8). Una vez que Martín ha tomado su medicamento, se dispone a registrarlo en el sistema, por lo que pasa el medicamento por detrás de la tableta (Figura 9-9a). Después de unas horas, Martín ya se ha tomado todos sus medicamentos de la mañana y observa en la tableta que el*

*periquito creció, debido a que se ha medicado correctamente (Figura 9-9b). A medio día, el hijo de Martín revisa el resumen de la toma de medicamentos, en donde observa que su papá ha tomado todos los medicamentos de la mañana, quedando pendientes los de la tarde y noche (Figura 9-9c). En la tarde, Martín decide tomar uno de sus medicamentos antes de que aparezca el recordatorio, y lo registra acercándose al MAD. Al finalizar el día, Martín observa que el periquito ha alcanzado su tamaño completo, lo que significa que se medicó correctamente ese día.”*



**Figura 9-9.** Uso de MAD ilustrando: a) que el adulto mayor acerca el medicamento para que MAD reconozca la etiqueta NFC; b) notificando que el medicamento ha sido (registrado), lo que se interpreta como tomado; y c) mostrando la representación detallada de la adherencia diaria a cada uno de los medicamentos.

MAD fue implementado para ejecutarse en Tabletas *Android* que se colocaron como portarretratos en el hogar del adulto mayor. También se implementó un componente de administración, que facilitó a los asistentes de investigación personalizar MAD a la prescripción médica y horarios que se proponen seguir los adultos

mayores para cumplir con su medicación. Esta configuración incluyó que los asistentes especificarán los datos de cada medicamento, tal como horario, número de pastillas a tomar, frecuencia, incluir las imágenes representativas de los medicamentos y píldoras; y finalmente, que agregaran etiquetas de radiofrecuencia (NFC, *Near Field Communications*) a cada número de los contenedores o cajas de medicamentos. Así, mediante etiquetas NFC, el sistema reconoce que el medicamento fue tomado al acercar el medicamento al lector NFC integrado en la Tableta. El componente administrador del sistema MAD genera un registro diario (log) de los episodios de medicación del adulto mayor. Un episodio de medicación comprende el nombre del medicamento y el correspondiente tiempo o *timestamp* en el que fue tomado.

### **9.3.2. Evaluación de usabilidad**

Se realizó un estudio cualitativo para determinar la percepción de utilidad, facilidad de uso y aceptación del MAD para apoyar la medicación de adultos mayores con deterioro cognitivo leve, y que presentarán polifarmacia.

Los adultos mayores seleccionados otorgaron consentimiento verbal para participar, y recibieron un incentivo de \$500 pesos semanales durante el estudio. Las etapas seguidas fueron:

**Pre-Intervención:** El propósito de esta etapa fue establecer línea base, es decir, obtener información de referencia con la cual

comparar la información obtenida durante el uso del sistema. Para lograr lo anterior, la pre-intervención consistió en que el cuidador registrará diariamente mediante una encuesta, información acerca del cumplimiento de la medicación del adulto mayor y el apoyo que le proporcionó. La encuesta incluía preguntas sobre: problemas presentados para tomar la medicación, posibles razones por las cuales el adulto no haya tomado sus medicamentos; y apoyo proporcionado por el cuidador para administrar la medicación, manifestaciones de preocupación por parte del cuidador, respecto al cumplimiento de la medicación del adulto mayor. Semanalmente los visitamos para recolectar y revisar los datos. En caso de notar que el adulto mayor omitió tomas de medicamentos, se hicieron preguntas adicionales para conocer el motivo.

**Intervención:** Para iniciar esta etapa, se entrenó a cada adulto mayor, en presencia de su cuidador, sobre cómo usar el sistema. Esta sesión duró aproximadamente una hora y se utilizó el enfoque llamado “recuperación espaciada” (*spaced retrieval*) (Insel, et al., 2013). Esta consiste en iterativamente explicar cómo usarlo, esperar un cierto tiempo, y volver a preguntar. Posteriormente, se utilizó la información de las etapas de reclutamiento y pre-intervención para acordar el horario en que el MAD mostraría los diferentes recordatorios sobre la medicación. Una vez personalizado el MAD, se colocó en

donde el adulto indicó suele medicarse y se le pidió que lo utilice durante un mes. Durante este tiempo, los cuidadores continuaron respondiendo diariamente la misma encuesta aplicada en la etapa de pre-intervención. Adicionalmente, se realizaron semanalmente entrevistas semi-estructuradas para preguntar acerca de los problemas que se presentaron al usar del sistema, que funcionalidades percibieron como más útiles y fáciles de usar, y cuales fueron percibidas como menos útiles y difíciles de usar.

Se realizó un análisis temático a los datos cualitativos recabados mediante entrevistas durante, lo que permitió identificar temas relevantes para explicar la percepción de facilidad de uso y utilidad, además de los problemas de usabilidad, y su aceptación por los sujetos de estudio.

En la etapa de reclutamiento se entrevistaron a ocho parejas, de los cuales dos cumplieron con los criterios de inclusión:

La pareja 1 (P1) se conformaba por una cuidadora de 42 años (hija) y una adulta mayor de 82 años (madre). La señora tomaba siete medicamentos para controlar su diabetes, hipertensión y glaucoma. Requería ayuda para ponerse las gotas para el glaucoma, por lo que no se las aplicaba cuando estaba sola en casa. Solía olvidar tomar los medicamentos después de la hora de la comida. La cuidadora reportó que le preocupaba que su madre a veces dejaba pasar su hora de

comida, ya que por su diabetes debía medicarse posteriormente a ésta y en una hora específica.

La segunda pareja (P2) seleccionada estuvo conformada por una cuidadora de 56 años (esposa) y un adulto mayor de 69 años (esposo). El señor tomaba seis medicamentos para: controlar su presión, dolor y problemas de estómago ocasionados por la gran cantidad de medicamentos que tomaba. Reportó tener problemas para tomar los medicamentos para el dolor en el horario prescrito, ya que cuando el dolor es muy fuerte, se medica antes de tiempo o incluso se sobre-medica. Por otro lado, a veces se le olvidaba si había tomado sus medicamentos, lo que consultaba con su esposa.

Los resultados obtenidos se categorizan y resumen en los siguientes temas que plasman cómo los adultos mayores y cuidadores percibieron que utilizar el MAD beneficiaba diferentes factores que podrían contribuir al cumplimiento de la medicación, así como a reducir la carga del cuidador:

**Tema 1:** Recordatorios basados en modalidades auditivas es la funcionalidad percibida como más útil por el adulto mayor.

**Tema 2:** Representación detallada de la adherencia diaria a la medicación es la funcionalidad percibida como más útil por los cuidadores.



**Tema 3:** El adulto mayor asume su compromiso de seguir su régimen en el horario establecido en la prescripción médica.

**Tema 4:** Involucramiento de familiares jóvenes para asistir al adulto mayor quienes mostraron curiosidad por el sistema, lo que causó que estuvieran al pendiente de los recordatorios, lo que incrementó la ayuda que le ofrecían al adulto.

**Tema 5:** El sistema ayudó a que los cuidadores se sintieran menos preocupados, ya que les permitió estar conscientes acerca de la adherencia a la medicación del adulto mayor.

### **9.3.3. Evaluación de efectividad**

El objetivo de este estudio fue conocer el efecto del sistema MAD 2.0 en la adherencia a la medicación del adulto mayor con deterioro cognitivo leve, y en el involucramiento del cuidador familiar. Se utilizaron métodos mixtos para obtener evidencia cuantitativa de cómo las métricas asociadas a la adherencia a la medicación mejoran; y evidencia cualitativa acerca de la adopción del sistema por los participantes. la evaluación del MAD fue diseñada como un experimento de control aleatorizados con 20 participantes, divididos en grupo de tratamiento (GT) y grupos de control (GC).

Adherencia a la medicación se refiere a “el acto de apegarse a las recomendaciones hechas por el proveedor con respecto al tiempo, la dosis y la frecuencia de toma de medicamentos” (Morisky et al.,

1986). Con base a esta definición, identificamos las siguientes variables como relevantes para analizar el efecto de las pistas contextuales proporcionadas por MAD en la adherencia a la medicación de los participantes.

**Dosificación:** Se refiere al número de pastillas tomadas en relación con lo prescrito por el médico. Es un porcentaje obtenido al dividir el total de pastillas tomadas durante un periodo de tiempo determinado, entre la cantidad de pastillas prescritas para ese periodo de tiempo.

**Prontitud:** Refleja si el medicamento fue tomado dentro de una ventana de tiempo determinada; esto fue, 30 minutos antes y después de la hora establecida para medicarse. Fue calculado para el grupo de tratamiento, ya que el MAD 2.0 registra información suficiente para calcular el número de dosis tomadas diariamente y el horario en que fueron tomadas. Se calcula como el porcentaje de dividir el total de pastillas registradas como tomadas dentro de la ventana de tiempo, entre el total de pastillas tomadas.

**Dependencia al sistema:** Esta métrica permite valorar si el participante se medicaba una vez que recibía los recordatorios. Se calculó como el porcentaje de dividir el total de pastillas registradas en los 30 minutos siguientes al recordatorio, entre

el total de pastillas registradas dentro de la ventana de tiempo anterior y posterior al recordatorio.

**Adherencia auto-reportada:** Refleja la adherencia a la medicación percibida por el adulto mayor. Se midió con el instrumento MAQ-8 el cual fue aplicado al finalizar cada etapa del estudio.

El Comité de Ética de la Facultad de Enfermería de la universidad aprobó el protocolo del estudio una vez que abordamos sus sugerencias acerca de cómo manejar el retiro de la tecnología. La decisión fue que los participantes del GT recibirán un incentivo que les permitiera, si así lo deseaban adquirir una Tableta para continuar usando el sistema. Los participantes recibieron \$200 pesos semanalmente durante el estudio. El estudio fue conducido con el apoyo de diez estudiantes de servicio social del Centro comunitario de apoyo al adulto mayor de la Facultad de Enfermería de nuestra universidad (UABC). En este centro los estudiantes proveen de terapia ocupacional y servicios de monitorización de la salud a adultos mayores de la localidad. Para seleccionar participantes, se utilizaron los mismos criterios de inclusión establecidos en el estudio de usabilidad presentado en la sección anterior. Durante cinco semanas los asistentes contactaron y entrevistaron a adultos mayores a quienes les aplicaron los siguientes instrumentos para evaluar su elegibilidad:

Encuesta inicial para conocer si es mayor de 60 años, toma al menos tres medicamentos y si tiene cuidador familiar.

MedMaIDE (*Medication Management Instrument for Deficiencies in the Elderly*) (Orwig et al., 2006). Permitió saber las deficiencias para medicarse.

SPMSQ (*Short Portable Mental Status Questionnaire, de Pfeiffer*) para Adulto (Pfeiffer, 1975) y Cuidador. Determina si un adulto mayor que no saben leer, tienen deterioro cognitivo.

MAQ-8 (*Medication Adherence Questionnaire*) (Morisky et al., 2008). Identifica si los adultos tenían baja adherencia.

Consentimiento informado para expresar interés en participar en la investigación.

Este estudio consistió de tres etapas: pre-intervención, intervención y post-intervención tal como se muestra.

**Pre-Intervención:** Esta etapa tuvo una duración de cinco semanas (semanas 6 – 10). Al inicio se aplicó el instrumento MedMaIDE con la participación del cuidador con el propósito de obtener información confiable, ya que los adultos tienden a no reconocer sus problemas de medicación. Semanalmente los asistentes de investigación visitaron al adulto mayor para contar las píldoras y así medir su adherencia. Se entrevistó al cuidador para conocer su involucramiento asistiendo al adulto mayor. Así, esta etapa permitió establecer línea base, esto es, recolectar los datos con los cuales se establecería una

referencia para comparar las métricas de adherencia entre las etapas del proyecto.

**Intervención:** En esta etapa, se asignó uno por uno de forma aleatoria, a los adultos mayores al grupo de control y al de tratamiento. Posteriormente, se visitó a los adultos del grupo de tratamiento, para entrenarlos sobre el uso del visualizador ambiental. Después de la sesión de entrenamiento, personalizamos el MAD 2.0 al régimen prescrito a cada adulto mayor, y a los horarios de medicación que siguen. El sistema fue instalado en la habitación de su hogar donde suelen medicarse. Durante las 5 semanas (11-15), a ambos grupos se les visitó semanalmente para realizarle el conteo de pastillas. En las semanas 13 y 15 al grupo de tratamiento se le aplicó un cuestionario sobre el uso del MAD 2.0, para conocer si tuvieron problemas con alguna funcionalidad del mismo. La semana 15 a los adultos de ambos grupos se les volvió a aplicar el instrumento MAQ-8 para conocer su adherencia percibida y a los cuidadores un cuestionario para conocer la carga que presentan.

**Post-Intervención:** En la última etapa, se retiró el MAD 2.0 de la casa de los adultos del grupo de tratamiento. Los asistentes que participaron en la investigación, dieron seguimiento durante dos semanas (16-17) mediante conteo de pastillas y un

cuestionario de salida acerca de cómo el retiro del sistema afectó a su rutina de medicación.

Para el análisis cuantitativo se utilizó el entorno de software R. Las técnicas que se utilizaron son:

**Prueba t de Student:** Se utiliza para determinar si hay una diferencia significativa entre las medias de dos muestras relacionadas o independientes. Primeramente, en este estudio, se utilizó para saber si había una diferencia significativa entre la edad y el número de medicamentos prescritos entre los grupos de tratamiento y control. Posteriormente, se usó para comparar el porcentaje de adherencia del grupo de control en la etapa de pre-intervención e intervención; así como para comparar la adherencia entre los grupos de tratamiento y de control en la etapa de intervención.

**Análisis de varianza (ANOVA) con medidas repetidas:** Permite probar o rechazar la hipótesis de que las medias de tres o más muestras son iguales. Se utilizó para comparar la adherencia a la medicación en el grupo de tratamiento durante las etapas de pre-intervención, intervención y post-intervención.

**Efecto Cohen:** Tiene como finalidad fundamental la cuantificación de la relevancia del efecto obtenido. Se utilizó junto con el

ANOVA y pruebas *t*, para establecer si los efectos estadísticamente significativos son relevantes.

**Prueba Chi-cuadrado:** Se utiliza para analizar datos separados por categorías. En nuestro caso, se utilizó en la etapa de pre-intervención para conocer si las medidas de autoeficacia, deterioro cognitivo, género y relación con cuidador fueron equivalentes en los grupos de tratamiento y control.

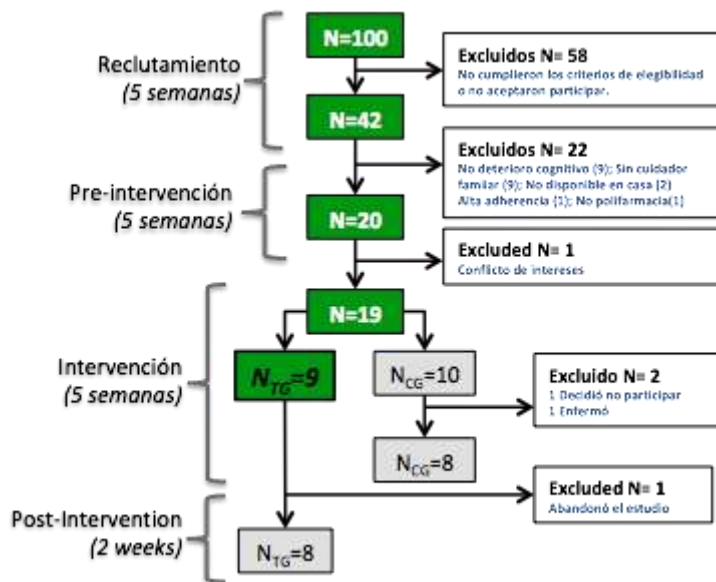
**Prueba Post-hoc de *Tukey*:** Cuando un ANOVA identifica que hubo una diferencia estadísticamente significativa entre al menos dos conjuntos de datos, el post-hoc de *Tukey* te permite conocer entre cuales conjuntos hay esa diferencia significativa. Se utilizó en los datos de la adherencia a la medicación, para saber entre qué etapas del estudio hubo una diferencia significativa.

**Prueba Rho de *Spearman*:** Se utiliza para determinar correlación entre variables. Se utilizó para determinar la relación entre el número de pastillas a tomar con la adherencia y la percepción de la autoeficacia con la adherencia.

Para el análisis cualitativo, se realizó un análisis temático de las entrevistas realizadas. Con esto se identificaron categorías que ayudaron a identificar la percepción de adopción en adultos y cuidadores.

Tal como se muestra en la Figura 9-10, los asistentes entrevistaron aproximadamente a 100 adultos, excluyendo a 58 debido a que no contaban con los criterios de elegibilidad o decidieron no participar. Fueron 20 los adultos que se incluyeron en el estudio, 16 de los cuales terminaron exitosamente todas las etapas. El rango de edad de la muestra varió de 60 a 87 años ( $M=72.1$ ;  $DS=7.95$ ), quienes tomaban entre 3 y 10 ( $M=5.5$ ;  $SD=2.06$ ). De acuerdo al instrumento *Pfeiffer* aplicado al adulto mayor, todos presentaron deterioro cognitivo leve, excepto el participante 5 que mostró deterioro cognitivo moderado. Por otro lado, de acuerdo al instrumento *Pfeiffer C* que contestaron los cuidadores, desde su perspectiva sólo dos de los adultos presenta deterioro cognitivo. Y finalmente, con respecto al instrumento *MedMaIDE* los adultos presentaron entre 0 y 5 problemas para medicarse.





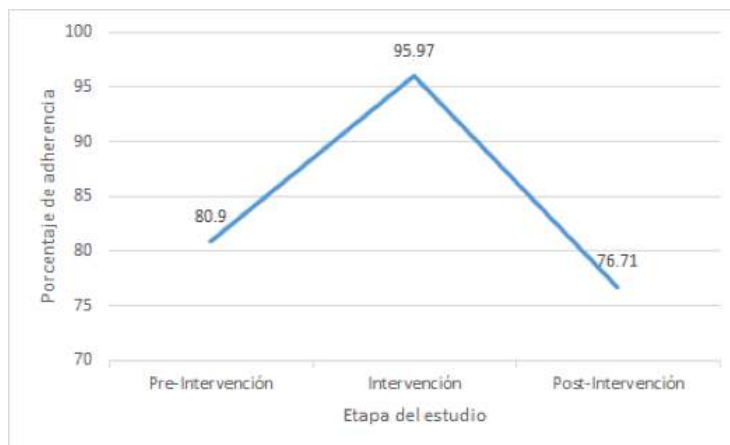
**Figura 9-10.** Flujo de los participantes por las etapas del estudio.

Características	Grupo		Estadísticas	
	Control	Tratamiento	Valor	<i>p</i>
Edad, años	73.5 ± 8.38	68.62 ± 6.28	1.317 <sub>a</sub>	0.2092
Educación, años	5.25 ± 3.85	6.75 ± 2.12	0.966 <sub>a</sub>	0.3504
Número de medicamentos	5.75 ± 1.83	4.88 ± 1.64	1.0059 <sub>a</sub>	0.3315
<b>Género</b>				
Mujer	5	7	1.33 <sub>b</sub>	0.2482
Hombre	3	1		
<b>Relación con paciente</b>				
Cónyuge	3	3	1.11 <sub>b</sub>	0.5737
Hijo	4	5		
Otro	1	0		
<b>Autoeficacia</b>				
Alta	0	0	0.291 <sub>b</sub>	0.59
Media	5	6		
Baja	3	2		
a. T-test				
b. Chi-Square				

**Tabla 9-1.** Características de los participantes.

Entre los grupos de tratamiento (GT) y control (GC), no se encontró diferencias significativas en las medidas de deterioro cognitivo ( $p = 0.30$ ), autoeficacia ( $p = 0.59$ ), edad ( $p = 0.21$ ), número de medicamentos tomados ( $p = 0.33$ ), años de educación ( $p = 0.35$ ), género ( $p = 0.25$ ), relación con cuidador ( $p = 0.57$ ) y adherencia a la medicación ( $p = 0.77$ ). La Tabla 9-1 muestra los valores estadísticos que demuestra que las variables son equivalentes.

Los resultados obtenidos sobre las métricas de la adherencia a la medicación y los relacionados a la adopción de MAD 2.0 se describen a continuación.



**Figura 9-11.** Métrica ‘dosificación’ estimada para el grupo de tratamiento en cada una de las etapas del estudio.

**Dosificación:** El grupo de tratamiento mejoró su dosificación (Figura 9-11), incrementando de 80.9% en la etapa de pre-intervención a 95.97% en la etapa de intervención. Sin embargo, una vez

removido el MAD 2.0 del hogar del adulto mayor (etapa de post-intervención) la dosificación disminuyó a un promedio de 76.71%. Utilizando un análisis de varianza (ANOVA) con medidas repetidas, comparamos el efecto que tuvo el MAD 2.0 en el grupo de tratamiento durante estas tres etapas, el cual mostró que hubo una diferencia estadísticamente significativa entre al menos dos de las etapas ( $F[2, 14] = 6.59, p = 0.0096$ ). Con una prueba post hoc de *Tukey*, identificamos que hubo una diferencia significativa entre la etapa de pre-intervención e intervención ( $p = 0.02$ ) y también entre la etapa de intervención y post-intervención ( $p = 0.0016$ ); los valores de tamaño de efecto de Cohen ( $d = 1.35$  y  $d = 1.72$ , respectivamente) sugieren una importancia práctica alta en ambos casos. Adicionalmente, no hubo una diferencia estadística significativa entre la etapa de pre-intervención y post-intervención ( $p = 0.734$ ). De acuerdo a la prueba *t de Student* para muestras relacionadas, no hubo una diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) en la adherencia del grupo de control entre la etapa de pre-intervención ( $M=77.13\%$ ,  $SD=22.51$ ) y la etapa de intervención ( $M=88.18\%$ ,  $SD=22.51$ );  $t(7) = 1.38, p = 0.104$ . El valor de tamaño de efecto de Cohen ( $d = 0.49$ ) sugiere una importancia práctica media. Se realizó una prueba *t de Student* para muestras independientes para comparar la adherencia entre los grupos de tratamiento y de control en la

etapa de intervención. No hubo una diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) en la adherencia del grupo de control ( $M=88.18\%$ ,  $SD=13.06$ ) y el grupo de tratamiento ( $M=95.97\%$ ,  $SD=6.08$ );  $t(14) = 1.53$ ,  $p = 0.075$ . El valor de tamaño de efecto de Cohen ( $d = 0.76$ ) sugiere una importancia práctica alta.

**Relación entre la dosificación prescrita y la dosificación estimada:**

Podría ser comprensible pensar que si un adulto toma pocos medicamentos durante el día, se le facilita recordar tomarlos. Sin embargo, encontramos que el número de píldoras a tomar (dosificación prescrita) y estimada (dosificación prescrita) no tienen una correlación estadísticamente significativa, sino que son independientes entre sí ( $N = 16$ ,  $\rho = 0.20$ ,  $p = 0.45$ ). Esto sugiere que los buenos hábitos de medicación son lo que ayudan a los adultos a tener una buena adherencia.

**Relación entre adherencia auto-reportada y la dosificación:**

El resultado del MAQ-8 y la adherencia al fármaco no tienen una correlación estadísticamente significativa, sino que son independientes entre sí ( $N = 16$ ,  $\rho = -0.29$ ,  $p = 0.27$ ). Con esto, podemos sugerir que los adultos parecen tener una visión más positiva de la adherencia a la medicación de la que realmente tienen.

**Prontitud en la toma de medicamentos y dependencia al sistema:**

Se identificó que el 93.13% de los registros de la toma de

medicamentos se realizaron dentro de la ventana de tiempo, esto es, 30 minutos antes o después del horario en el que aparecía el recordatorio. Mientras que el 88.35% de las veces, los adultos esperaban a que el MAD 2.0 mostrará el recordatorio para medicarse.

**Adopción del sistema:** Los adultos mayores percibieron que utilizar el MAD 2.0 beneficiaba diferentes factores que contribuyen al cumplimiento de la medicación. Así, identificamos que MAD ayudó a tomar de forma consistente y evitar síntomas de la enfermedad. La paciente P11 reportó que: “Antes de utilizarlo [MAD], me daba cuenta que había olvidado tomar mi medicamento para controlar la presión porque me sentía mareada”. El MAD 2.0 ayudó a los cuidadores a asegurarse de que los adultos mayores no olvidaran tomar sus medicamentos. Por ejemplo, el paciente P11 dijo: “A mis hijos se les olvida recordarme la toma de mis medicamentos, ahora, ellos escuchan al periquito y me preguntan si ya me mediqué”.

**Limitaciones para adoptar MAD:** Principalmente, identificamos asociados a la racionalización del medicamento por parte de las instituciones de salud y las políticas farmacéuticas Cuatro participantes reportaron que los médicos autorizaron el resurtido de medicamentos durante cada visita, causando que acumularan cajas de pastillas, Tal como la participante P15,

quien tenía un manejo inapropiado de sus medicamentos, al almacenarlo en un cajón y no llevar un control de cajas abiertas de un mismo medicamento. Adicionalmente, la similitud del diseño de cajas y píldoras causa confusión en el adulto mayor para elegir el medicamento que le corresponde tomar. El participante P6 era analfabeta y solía identificar sus medicamentos por la apariencia física de las cajas y por la forma y color de las pastillas. Finalmente, las rutinas complejas de medicación es un factor que contribuyó a adoptar MAD. El participante P6 tomaba seis medicamentos en diferentes horarios. Por lo tanto, el participante sintió que recibía demasiados recordatorios al utilizar el sistema, lo que la perturbaba; por lo que decidió abandonar el estudio.

#### **9.4. Conclusiones**

Los resultados obtenidos demuestran que utilizar modalidades ambientales son útiles para apoyar las estrategias basadas en pistas contextuales que utiliza el adulto mayor para lograr el cumplimiento de su medicación, esto es: recordarles tomar su medicamento, concientizarlos sobre si los medicamentos fueron tomados, y proporcionarles información, de forma inmediata sobre cómo siguieron su rutina de medicación. Identificamos que las pistas contextuales que los adultos mayores percibieron más utilidad fueron aquellas que les recuerdan tomar su medicamento, las que les ayudan a recordar si el medicamento fue tomado y las que les proporcionan

una representación abstracta e inmediata de su adherencia a la medicación. Por otro lado, se observó que las pistas contextuales de MAD proporcionan conciencia a los cuidadores sobre la adherencia a la medicación de sus adultos mayores. Esta conciencia tuvo un doble propósito: i) cuando los recordatorios auditivos eran percibidos por los cuidadores, estos se aseguran que los recordatorios llegarán a los adultos mayores y, ii) las representaciones abstractas y detalladas de la adherencia a la medicación les permiten a los cuidadores del cumplimiento de la medicación. Por lo que proveer pistas contextuales mediante visualizadores ambientales ayuda a que los cuidadores asistan a los adultos mayores a seguir sus regímenes de medicación. También resultó de este estudio, que las pistas contextuales no agobian a los familiares del adulto mayor, y además son apropiadas como estrategia para apoyar sus rutinas de medicación.

## **9.5. Referencias**

Claxton, Ami J., Joyce Cramer, and Courtney Pierce. "A Systematic

Review of the Associations between Dose Regimens and Medication Compliance." *Clinical Therapeutics* 23, no. 8 (2001): 1296-310. doi:10.1016/s0149-2918(01)80109-0.

Forlizzi, Jodi, Carl Disalvo, and Francine Gemperle. "Assistive

Robotics and an Ecology of Elders Living Independently in Their Homes." *Human-Computer Interaction* 19, no. 1 (2004): 25-59. doi:10.1207/s15327051hci1901&2\_3.

- García-Vázquez, Juan Pablo, Marcela D. Rodríguez, Ángel G. Andrade, and José Bravo. "Supporting the Strategies to Improve Elders' Medication Compliance by Providing Ambient Aids." *Personal and Ubiquitous Computing* 15, no. 4 (2011): 389-97. doi:10.1007/s00779-010-0362-0.
- García-Vázquez, Juan Pablo, Marcela D. Rodríguez, Mónica Tentori, Diana Saldaña-Jimenez, Ángel G. Andrade, Adan Espinoza. "An Agent-based Architecture for Developing Activity-Aware Systems for Assisting Elderly." *Journal of Universal Computer Science* 16, no. 12: 1500-1520. doi:10.3217/jucs-016-12-1500.
- Gudur Raghavendra, Blackler Alethea, Popovic Vesna, Mahar Douglas "Redundancy in interface design and its impact on intuitive use of a product in older users" *IASDR 2009 Rigor and Relevance in Design Coex*, Seoul, p. 209.
- Hirsch Tad, Forlizzi Jodie, Hyder E., Goetz J., Kurtz C., Stroback J. "The ELDER project: social, emotional, and environmental factors in the design of eldercare technologies." In. *Proc. on the 2000 Conf. on Universal Usability - CUU 00*, pp. 72-79 doi:10.1145/355460.355476.
- Insel, Kathleen C., Gilles O. Einstein, Daniel G. Morrow, and Joseph T. Hepworth. "A Multifaceted Prospective Memory Intervention to Improve Medication Adherence: Design of a



Randomized Control Trial." *Contemporary Clinical Trials* 34, no. 1 (2013): 45-52. doi:10.1016/j.cct.2012.09.005.

Kurniawan Sri, Zaphiris Panayiotis. "Derived web design guidelines for older people". En *Proceedings of the 7th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*. ACM, 2005. p. 129-135.

Kripalani, Sunil, Xiaomei Yao, and R. Brian Haynes. 2007.

"Interventions To Enhance Medication Adherence In Chronic Medical Conditions". *Archives Of Internal Medicine* 167 (6): 540. doi:10.1001/archinte.167.6.540.

Lee, Matthew L., and Anind K. Dey. "Real-time Feedback for Improving Medication Taking." *Proceedings of the 32nd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems - CHI 14*, 2014. doi:10.1145/2556288.2557210.

Leonardi, C., C. Mennecozzi, E. Not, F. Pianesi, and M. Zancanaro. "Designing a Familiar Technology for Elderly People." *Gerontechnology* 7, no. 2 (2008). doi:10.4017/gt.2008.07.02.088.00.

Mankoff, Jennifer, Anind K. Dey, Gary Hsieh, Julie Kientz, Scott Lederer, and Morgan Ames. "Heuristic Evaluation of Ambient Displays." *Proceedings of the Conference on Human Factors in*

Computing Systems CHI 03, 2003.

doi:10.1145/642640.642642.

Mir Martinez, Larrea Palop Vicente. 2004. "Adherencia al tratamiento en el paciente anciano", *Inf. terapéutica del Sist. Nacional de Salud*, 28(5):113–120.

Morawski, Kyle, Roya Ghazinouri, Alexis Krumme, Julianne Mcdonough, Erin Durfee, Leslie Oley, Namita Mohta, Jessie Juusola, and Niteesh K. Choudhry. "Rationale and Design of the Medication Adherence Improvement Support App For Engagement—Blood Pressure (MedISAFE-BP) Trial." *American Heart J.* 186 (2017): 40-47.  
doi:10.1016/j.ahj.2016.11.007.

Morisky, Donald E., Lawrence W. Green, and David M. Levine. "Concurrent and Predictive Validity of a Self-reported Measure of Medication Adherence." *Medical Care* 24, no. 1 (1986): 67-74. doi:10.1097/00005650-198601000-00007.

Orwig, D., N. Brandt, and A. L. Gruber-Baldini. 2006. "Medication Management Assessment For Older Adults In The Community". *The Gerontologist* 46 (5): 661-668.  
doi:10.1093/geront/46.5.661.

Patel, Samir, Laura Jacobus-Kantor, Lorraine Marshall, Clark Ritchie, Michelle Kaplinski, Parvinder S. Khurana, and Richard J.

Katz. "Mobilizing Your Medications: An Automated Medication Reminder Application for Mobile Phones and Hypertension Medication Adherence in a High-Risk Urban Population." *Journal of Diabetes Science and Technology* 7, no. 3 (2013): 630-39. doi:10.1177/193229681300700307.

Perera, Anna I., Mark G. Thomas, John O. Moore, Kate Faasse, and Keith J. Petrie. "Effect of a Smartphone Application Incorporating Personalized Health-Related Imagery on Adherence to Antiretroviral Therapy: A Randomized Clinical Trial." *AIDS Patient Care and STDs* 28, no. 11 (2014): 579-86. doi:10.1089/apc.2014.0156.

Pfeiffer, Eric. "A Short Portable Mental Status Questionnaire for the Assessment of Organic Brain Deficit in Elderly Patients†." *J. of the American Geriatrics Society* 23, no. 10 (1975): 433-41. doi:10.1111/j.1532-5415.1975.tb00927.x.

Pousman, Zachary, John Stasko. "A Taxonomy of Ambient Information Systems: four patterns of design." *Proc. of the Working Conf. on Advanced Visual Interfaces - AVI 06, 2006*. Pp. 67-74. doi:10.1145/1133265.1133277.

Reeder, Blaine, George Demiris, and Karen D. Marek. "Older Adults Satisfaction with a Medication Dispensing Device in Home

Care." *Informatics for Health and Social Care* 38, no. 3 (2013): 211-22. doi:10.3109/17538157.2012.741084.

Robiner, William N., Nancy Flaherty, Thyra A. Fossum, and Thomas E. Nevins. "Desirability and Feasibility of Wireless Electronic Monitoring of Medications in Clinical Trials." *Translational Behavioral Medicine* 5, no. 3 (2015): 285-93. doi:10.1007/s13142-015-0316-1.

Rogers Wendy, Mynatt Elizabeth, "How can technology contribute to the quality of life of older adults?". In *The Technology of Humanity: Can Technology Contribute to the Quality of Life?* M. E. Mitchell, Ed., 2003, pp. 22-30.

Rodríguez, Marcela D., Juan Pablo García-Vázquez, and Ángel G. Andrade. "Design Dimensions of Ambient Information Systems to Facilitate the Development of AAL Environments." *Proceedings of the 4th International Conference on PErvasive Technologies Related to Assistive Environments - PETRA 11*, 2011. doi:10.1145/2141622.2141627.

Rodríguez Marcela, Zárate Ernesto, K. Stawarz, Juan Pablo García-Vázquez, and Jorge Ibarra. "Ambient Computing to Support the Association Of Contextual Cues with Medication Taking." *Revista Mexicana De Ingeniería Biomédica* 36, no. 3 (2015): 189-205. doi:10.17488/rmib.36.3.5.

Westgarth, Carri, Robert M. Christley, and Hayley E. Christian. "How Might We Increase Physical Activity through Dog Walking?: A Comprehensive Review of Dog Walking Correlates." *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity* 11, no. 1 (2014): 83. doi:10.1186/1479-5868-11-83.

Williams, Allison, Elizabeth Manias, and Rowan Walker. "Interventions to Improve Medication Adherence in People with Multiple Chronic Conditions: A Systematic Review." *Journal of Advanced Nursing* 63, no. 2 (2008): 132-43. doi:10.1111/j.1365-2648.2008.04656.x.



## Capítulo 10

### Uso de la Vista en Interacción Humano-Computadora

Francisco López-Orozco, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez  
(UACJ)

Víctor A. Flores-Sánchez, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez  
(UACJ)

Rogelio Florencia-Juárez, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez  
(UACJ)

Victoria González de Moss, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez  
(UACJ)

#### 10.1. Introducción

En este capítulo se presenta, un nuevo modelo de interacción humano-computadora que puede ser aprovechado por usuarios convencionales o por los que presenten alguna discapacidad en el movimiento de sus manos, ya que la interacción se da en base a la tecnología de seguimiento ocular o *eye-tracking*. Se presenta como caso de estudio el desarrollo de un teclado virtual que hace uso de dicha tecnología. Aunque no se logra la misma funcionalidad de un teclado físico, se muestra cómo es posible alcanzar una satisfactoria interacción entre el usuario y la computadora. Es de esperarse que la tecnología *eye-*

*tracking* siga evolucionando y que sea más accesible a todo público al disminuir sus costos de adquisición.

## **10.2. Problema**

En esta sección se presenta la necesidad de utilizar tecnologías recientes o menos explotadas como el caso del *eye-tracking* a fin de facilitar la interacción entre los usuarios y una computadora para fines laborales o de entretenimiento. Aplicaciones de este tipo pueden ser aprovechadas por usuarios en general que deseen controlar una computadora mediante la vista o bien por usuarios que presenten alguna capacidad diferente que no les permita utilizar sus manos para escribir mediante el uso del teclado y el ratón convencionales.

## **10.3. Marco teórico**

Según la Asociación de Computación Científica y Académica más grande a nivel mundial (*Association for Computing Machinery* o ACM), el proyecto que se desarrolla en este capítulo converge en dos de sus grupos especiales de interés: Grupo de interés especial en Interacción Humano-Computadora y el Grupo de interés especial en Computación Accesible, SIGCHI y SIGACCESS respectivamente por sus siglas en inglés. El SIGCHI involucra a profesionales de distintas disciplinas que trabajan en la investigación y la práctica de la interacción entre el humano y la computadora. Su principal objetivo es generar conocimiento compartido para diseñar tecnología funcional y utilizable en materia computacional mediante un proceso interdisciplinario que busque transformar la vida de las personas. El



SIGACCESS promueve los intereses profesionales de usuarios de computación con discapacidades físicas y la aplicación de cómputo y tecnologías de la información para resolver problemas relevantes con sus discapacidades. También promueve la educación al público para apoyarlos en sus carreras profesionales para personas con discapacidades.

A continuación, se describen algunos aspectos teóricos requeridos a fin de entender la tecnología *eye-tracking* y poder aprovecharla.

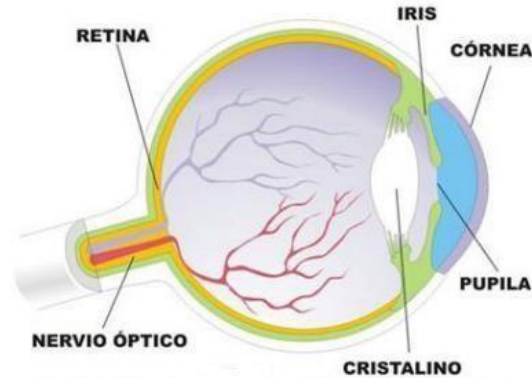
### **10.3.1. Visión**

La visión se refiere a la capacidad humana de percibir y reconocer objetos en el ambiente. De esta forma somos capaces de distinguir figuras y objetos en el espacio a través de este sentido, así como de identificarlas y darles una interpretación o significado a ellas (Ser Programador, 2014). Por tal, la visión es uno de los sentidos más importantes del ser humano. La visión es la puerta hacia el aprendizaje y el desarrollo tecnológico. El ojo forma parte fundamental de nuestro sistema de visión humano. En conjunción con otros órganos recogen la información visual del exterior y la transmiten al cerebro, donde está es procesada.

### **10.3.2. Constitución y anatomía del ojo humano**

El ojo es una cápsula esférica constituida por varias capas y cámaras. Se encuentra protegido por la cavidad ósea y resguardada por los pómulos y la frente. La función de las vías ópticas es transmitir la

información al cerebro, lo que hace que reciba una instrucción para crear una acción. El ojo humano está compuesto principalmente por la retina, iris, nervio óptico, córnea, etc. Esta composición hace posible la visión humana. El iris está situado detrás de la córnea y está separado de ella por el humor acuoso. Éste actúa como el diafragma de una cámara fotográfica que regula la cantidad de luz que entra en el interior del ojo variando su tamaño según la intensidad de la misma; la córnea es la primera capa que atraviesa la luz, es transparente y se hidrata y nutre por las lágrimas; la retina es la capa más interna de las tres membranas que constituyen el globo ocular y se extiende desde la ora serrata hasta la papila; en el caso de los coroides, estos forman la sección de úvea situada en la parte posterior; el nervio óptico se extiende desde la lámina cribosa hasta el quiasma, constituido por las fibras nerviosas de las células fotosensibles de la retina; el cristalino está situado detrás del iris, con su cara posterior encajada en el cuerpo vítreo; por último la fóvea es la zona donde se tiene más agudeza visual, donde la retina tiene sólo la mitad de su espesor habitual y existe la máxima concentración de fotorreceptores y en particular de conos. En la Figura 10-1 se presentan las partes constituyentes del ojo humano (INTEF, 2011).



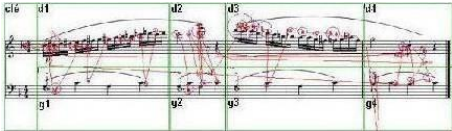
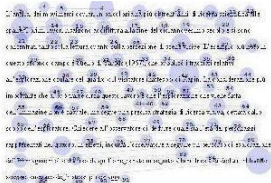
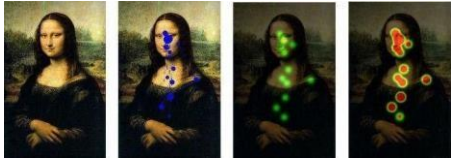
**Figura 10-1.** Composición y estructura del ojo humano (INTEF 2011).

### 10.3.3. Movimientos oculares

Existen diversos tipos de movimientos oculares: las fijaciones y sacadas que son percibidas a simple vista. También existen las microsacadas.

**Fijaciones:** Estas se presentan cuando fijamos la mirada en un punto determinado. En ese momento, la imagen que se ve incide en la zona de mayor resolución espacial de la retina (Gila, Villanueva y Cabeza, 2009: 11–12). La duración media de una fijación oscila entre 200 y 350 ms. Durante la fijación los ojos no permanecen totalmente inmóviles, por el contrario, realizan constantes movimientos involuntarios aunque estos son imperceptibles. En la Tabla 10-1 se presentan algunos ejemplos de fijaciones.

Imagen	Explicación
--------	-------------

<p>1.- Partitura musical</p> 	<p>En la partitura se observa como las fijaciones se representan con círculos y las rayas son el movimiento que sigue la secuencia de principio a fin.</p>
<p>2.-Texto</p> 	<p>En el texto se muestra paso a paso lo que un usuario va leyendo, los círculos denotan fijaciones y mientras mayor sea el área del mismo, el usuario prestó más atención en dicho punto.</p>
<p>3.-Pintura de la “Mona Lisa”</p> 	<p>En la pintura de la “Mona Lisa” se examinan los puntos de fijación en donde se mantuvo principalmente la mirada. En azul se examinó con un programa sencillo de computadora, en verde con una WebCam de infrarrojo y en rojo con cámara ultravioleta.</p>

**Tabla 10-1.** Distribución de las fijaciones oculares en una partitura, texto y una pintura (Baccino 2005).

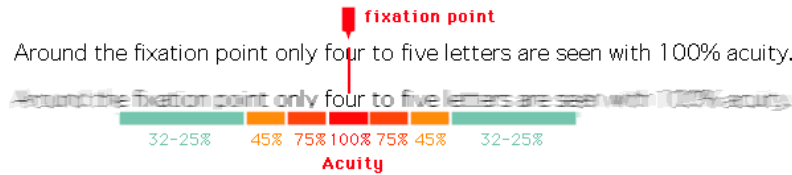
**Sacadas:** Son desplazamientos rápidos de los ojos entre un punto y otro de una fijación. El rastreo visual de una escena se produce mediante una sucesión de movimientos sacádicos y las correspondientes fijaciones entre ellos. Mediante los movimientos sacádicos se dirige la mirada hacia las zonas de interés, permitiendo ubicar la imagen en la fóvea (donde se tiene la mayor agudeza visual) (INTEF, 2011). El área de

cobertura de un movimiento sacádico abarca unos 30 °, ángulo a partir del cual se hace preciso el movimiento de la cabeza para redirigir la mirada (Tejero, Pastor y Crespo, 2004: 131).

**Microsacadas:** Las microsacadas son movimientos oculares que son imperceptibles a simple vista para el ser humano. Estos movimientos pueden detectarse con aparatos especiales como un *eye-tracker* (Chih-Yang et al, 2015: 72) afirma que las microsacadas se producen continuamente durante la fijación de la mirada. Estos pequeños movimientos oculares son precedidos por señales de preparación motora mucho antes de que se activen. Las microsacadas están ampliamente relacionadas con las ilusiones ópticas que produce el cerebro (Hafed, Laurent y Richard, 2009: 941–942).

**Agudeza visual:** La agudeza visual permite reconocer y diferenciar objetos. Ésta no es sólo el resultado de un ajuste óptico adecuado de las diferentes estructuras oculares como la córnea, retina, etc., sino que depende del estado de la vía óptica y del estado de la corteza visual (“Agudeza Visual”, 2006: 3). En la Figura 10-2 se presenta el efecto de la agudeza visual en una escala de la fijación, siendo en color rojo donde se presta más atención y en colores más claros donde el enfoque se presenta en menor medida. Un claro uso de la agudeza visual se basa en

la escala de Snellen (Velázquez, s.f), usualmente utilizada para determinar la agudeza visual de una persona.



**Figura 10-2.** Alrededor del punto de fijación sólo 4-5 letras son visualizadas con una agudeza del 100% (Hunzinker, 2006).

**Trayectoria ocular o *scanpath*:** El resultado de un registro ocular es lo que se denomina *scanpath* o trayectoria ocular (Crespo, Cabestrero y Quiros, 2008). Generalmente este registro se obtiene a través de aparatos como un *eye-tracker* o una cámara web con capacidad infrarroja. En la imagen de la Figura 10-3 se muestra una trayectoria ocular de ejemplo. Los óvalos representan los puntos de fijación y las líneas que los unen, las sacadas.



**Figura 10-3.** Trayectoria ocular de las fijaciones por medio de los segmentos  $\overline{AB}$ ,  $\overline{BC}$  y  $\overline{CD}$ .

**Situaciones que delimitan el uso de las manos:** Existen diferentes tipos de afecciones que una persona puede presentar en sus manos y que la limitan para el uso de una computadora. Estas afecciones pueden deberse a cuestiones genéticas, accidentes, enfermedades degenerativas entre otras. Algunas de las delimitaciones que puede tener una persona para el uso de una computadora con las manos son la artritis reumatoide provocada por la inflamación de las articulaciones (Mendoza et al., 2013: 14), la distrofia muscular de origen hereditario y caracterizada por una debilidad muscular progresiva en las extremidades y atrofia muscular (pérdida de masa), con un grado variable de distribución muscular y gravedad (Montero y Molano, 2014: 65). En este grupo también se presentan los accidentes de tipo automovilístico, en el trabajo o en el hogar.

Estos pueden terminar afectando las articulaciones de las manos o llegar inclusive a la amputación de dicha(s) extremidad(es).

**Eye tracking:** El *eye-tracking* o seguimiento ocular se refiere a la medición o rastreo de la actividad del ojo. Específicamente, el *eye-tracking* registra la posición y movimiento de los ojos basado en el seguimiento óptico de las reflexiones de la córnea. Es una técnica que permite hacer estudios sobre qué es lo que las personas miran u observan cuando se les presenta un estímulo visual (imagen o video) midiendo la atención visual (Farnsworth, 2017). Áreas como la psicología, publicidad y marketing se apoyan de dicha técnica. Las métricas que comúnmente se obtienen mediante un *eye-tracker* son el número de fijaciones y sacadas así como la duración de éstas. Algunos *eye-trackers* ellos tienen capacidad para registrar el diámetro de la pupila y datos adicionales.

**Eye-tracker:** Es el dispositivo propiamente utilizado para hacer *eye-tracking*. Está compuesto de sensores de infrarrojo de corto alcance y una cámara de alta resolución para poder seguir la dirección de la mirada (Farnsworth, 2017). Su funcionamiento está basado en la reflexión corneal del centro de la pupila, que consiste en identificar los ojos mediante la iluminación de la pupila con luz infrarroja. De esta manera se produce una



reflexión visible en la córnea que permite que la cámara capte la pupila iluminada.

#### **10.4. Caso de estudio**

En esta sección se presenta como caso de estudio el desarrollo de un teclado virtual controlado mediante la vista usando un *eye-tracker*. El teclado es manipulado con la mirada sin la necesidad de utilizar las manos. Su funcionamiento se basa en las fijaciones oculares que el usuario hace sobre las teclas de cada letra que aparece en la pantalla. Este proceso da como resultado la escritura con la mirada. El teclado se apoya de un agente de software para el autocompletado de palabras a fin de reducir el tiempo de escritura. Finalmente se presentan los resultados de la evaluación de usabilidad a la que fue sometido el prototipo desarrollado.

La metodología de desarrollo que se siguió fue la incremental conformada de manera clásica por: análisis, diseño, código y pruebas (Carrizales, 2014: 23). Un total de 4 incrementos fueron ejecutados.

##### **10.4.1. Primer incremento**

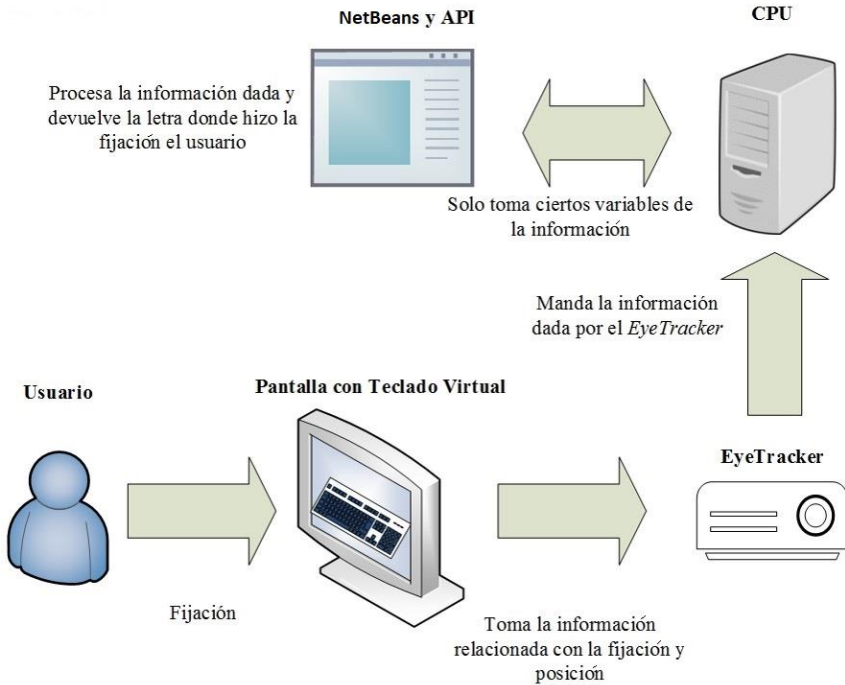
Antes de diseñar cualquier interfaz, se optó por llevar a cabo una serie de pruebas con el software base del *eye-tracker*. Estas pruebas básicamente consistieron en controlar el cursor del ratón mediante la vista. Para lograr esto, primeramente, el *eye-tracker* tuvo que calibrarse. La calibración es requerida por cada usuario que haga uso del sistema o cada vez que el equipo se cambia de lugar. Durante la

calibración, se le solicita al usuario mirar fijamente en una secuencia de 9 puntos que aparecen en la pantalla como se muestra en la Figura 10-4.



**Figura 10-4.** Pantalla de calibración del *eye-tracker*.

Posteriormente, se diseñó el esquema general de interacción entre los componentes de hardware y software que conforman el teclado virtual desarrollado. Este esquema se presenta en la Figura 10-5.



**Figura 10-5.** Diagrama general de funcionamiento del teclado virtual.

### 10.4.2. Segundo incremento

En este punto fueron llevadas a cabo pruebas en tiempo real de comunicación con el *eye-tracker* mediante la API proporcionada por el fabricante. La comunicación con el *eye-tracker* es mediante sockets, asignando en una variable la dirección IP y mediante el puerto 4242 pre-establecido por el fabricante. Llevado a cabo esto, puede hacerse uso de los comandos básicos del *eye-tracker* a fin de comunicarse: *BufferedWriter* y *BufferedReader*. El primero sirve para solicitar al *eye-tracker* la ejecución de una acción y el segundo para leer la respuesta que fue recibida por parte del *eye-tracker* como resultado de

la petición solicitada. Antes de iniciar propiamente el registro de los datos por parte del *eye-tracker*, se le debe especificar si se pretende rastrear al ojo izquierdo, al derecho o a ambos.

Otros comandos utilizados fueron los que sirven para indicarle al *eye-tracker* el tipo de información que debe registrar del ojo que se esté rastreando, tal como sacadas, fijaciones, la posición de cada ojo en cada uno de estos eventos, etc. Esta información es capturada en un flujo de datos que es almacenado en formato XML.

Con el uso de estos comandos se logró una interacción completa entre el usuario y la aplicación de software ya que el cursor podría controlarse sobre el teclado virtual, pero aún se seguían produciendo clics involuntarios.

### **10.4.3. Tercer incremento**

En este paso la interfaz gráfica del prototipo fue desarrollada en el lenguaje JAVA a partir del entorno de desarrollo NetBeans 8.2. En el teclado virtual fueron incluidas funciones básicas de un teclado básico como la numeración del 0 al 9, la letras del alfabeto (a-z), punto (.), coma(,) y signos especiales como los de interrogación (¿?), exclamación (¡!), arroba (@) entre otros.

Las teclas tienen el tamaño suficiente que permite a los usuarios interactuar con el teclado de manera correcta. Para determinar el tamaño final de las teclas se hicieron una serie de pruebas para determinar qué tan difícil era fijar la mirada sobre dicha tecla. Los

resultados de estas pruebas también provocaron que el diseño del teclado fuera cambiando durante el desarrollo así como el color del mismo. El tamaño final de las teclas fue de 160 x 100 píxeles. Las teclas son iluminadas al momento en el que el cursor (la vista) pasa sobre ellas. Adicionalmente se agregó una tecla llamada “CLEAR” que permite borrar todo el texto que se lleva escrito en el momento de ser “pulsada”. Dos teclas adicionales que sirven de hipervínculos a redes sociales de uso popular fueron incluidas: YouTube y Facebook. En la Figura 10-6 se muestra el diseño final del teclado desarrollado.

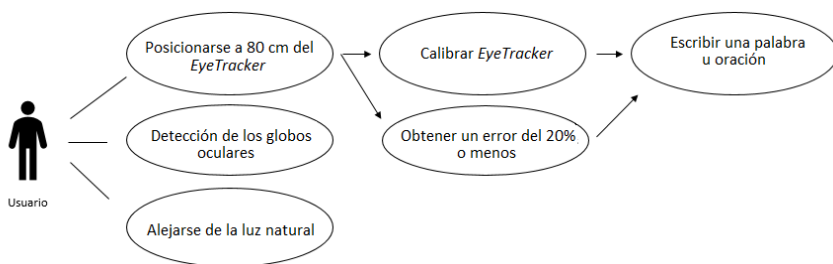


**Figura 10-6.** Apariencia final del teclado virtual.

En cuanto a la funcionalidad del teclado, una función de autocompletado fue incluida, lo que permite que se completen de manera automática las palabras mientras se escribe. Esta funcionalidad usa un diccionario base que contiene 300 palabras con la posibilidad de ser extendido a un mayor número de palabras.

El problema de “La mirada de oro del Rey Midas” que consiste básicamente en hacer clics involuntarios sobre una tecla donde fue puesta la mirada fue resuelto mediante un contador interno que se activa cuando la vista es puesta sobre una tecla (EyeTracking Inc., 2012). Si se detecta que la vista se mantiene dentro de la misma por 700 ms, se activa el evento “clic” sobre la tecla y entonces la tecla es considerada como “pulsada”. En cualquier otro caso si la vista se cambia a otra tecla o zona de la pantalla, este contador se reinicia y se pone listo para iniciar el conteo cuando la atención del usuario es puesta en esta u otra tecla.

En la Figura 10-7 se muestra un diagrama que muestra de manera general el proceso de interacción entre el usuario y el agente de software desarrollado.



**Figura 10-7.** Diagrama de interacción entre el usuario y el teclado virtual.

#### **10.4.4. Cuarto incremento**

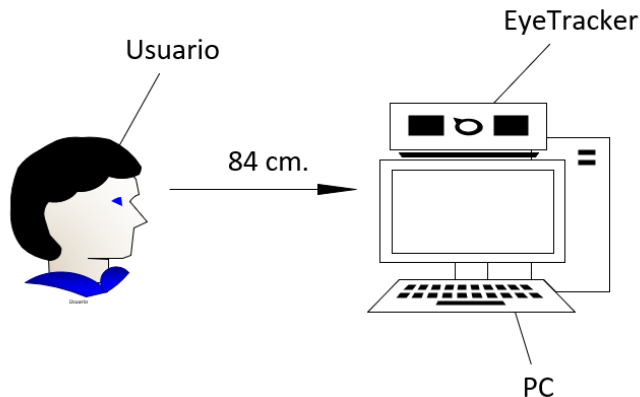
En el cuarto y último incremento se les pidió a 3 usuarios de utilizar la interfaz a fin de que dieran su punto de vista sobre ésta. Tras el resultado de esta evaluación se integró al prototipo una tecla llamada “minimizar”, cuya función es minimizar al teclado y crear un nuevo *JFrame* con un nuevo botón, el cual si se es mirado durante un segundo vuelve a restaurar el teclado. La finalidad de este ajuste es permitir al usuario ver completamente la pantalla cuando el teclado está minimizado, ocupando este último media pantalla.

En este incremento también se realizaron las pruebas finales del software desarrollado. Se incluyeron algunos comandos especializados como el lanzamiento del proceso de calibración de manera automática antes de iniciar el teclado virtual. Una vez hecha la calibración, ésta es evaluada y si el margen de error supera el 20%, el sistema solicita que se vuelva a iniciar la calibración. Cabe hacer mención que para lograr una precisión de al menos el 20% lo usuarios deben ser sometidos a un previo entrenamiento a fin de familiarizarse con la escritura en un teclado mediante el uso de la vista. En este incremento también se verifica de una forma simplificada la usabilidad del producto sometiendo a los usuarios a tareas simples como: escribir palabras, borrar caracteres, minimizar y maximizar el teclado, seleccionar algunos hipervínculos pre-configurados en dicho teclado. En este apartado, se hicieron algunos ajustes de tiempo en que

los usuarios deberían mantener la vista sobre una tecla a fin de que ésta fuera considerada como “pulsada”.

### 10.4.5. Evaluación

La primera evaluación consistió en determinar cuál postura y distancia debía guardarse entre el usuario y el *eye-tracker*. La distancia que permitió que se diera una buena interacción y proceso de calibración fue de 84 cm. En la Figura 10-8 se muestra un esquema de la configuración física del equipo utilizado.



**Figura 10-8.** Distribución física del equipo utilizado que muestra la distancia entre el usuario y el *eye-tracker*.

De manera preliminar se hicieron un par pruebas con estudiantes a quienes se les indicó que “escribieran” con el teclado una palabra corta y una palabra larga. De igual manera se les pidió que fijaran su vista a cada una de las esquinas del teclado virtual. Con estas pruebas las últimas discrepancias encontradas permitieron que éstas fueran corregidas antes de iniciar formalmente con el proceso de evaluación



de nuestro desarrollo. Una vez realizadas estas pruebas se dispuso a aprobar la aplicación con alumnos de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez campus Ciudad Universitaria (CU). Durante estas pruebas se les pidió a los usuarios que se familiarizaran con el *eye-tracker* ejecutando varias calibraciones. Esto con el fin de poder usar la aplicación ya que para su buen funcionamiento esta exige que el error general de calibración no exceda el 35%. Inicialmente se le pide al usuario que con la mirada escriba palabras cortas como “hola”, “gato”, “año”. Después se prosigue con la escritura de palabras más largas como “feliz”, ”México”, “teclado”. Finalmente se les pide escribir una oración completa. En una petición extra al usuario se le pide que miren hacia las teclas que los dirigen a redes sociales. En la Figura 10-9 se muestra la función de autocompletado de palabras.



**Figura 10-9.** Teclado virtual que muestra la ejecución del autocompletado.

A fin de determinar la usabilidad del software, una encuesta breve de 9 preguntas basada en la validación *Software Usability*

*Measurement Inventory* -SUMI fue utilizada (Kirakowski 2011). Las preguntas incluidas en la encuesta fueron:

- 1) ¿Aprender a operar este software inicialmente es complicado?
- 2) ¿Lleva mucho tiempo aprender las funciones del software?
- 3) ¿Este software responde muy lentamente a las peticiones?
- 4) ¿La velocidad de este software es lo suficientemente rápida?
- 5) ¿Trabajar con este software es satisfactorio?
- 6) ¿Trabajar con este software es mentalmente estimulante?
- 7) ¿Es fácil hacer que el software haga exactamente lo que desea?
- 8) ¿Me siento al mando de este software cuando lo estoy usando?
- 9) ¿El software no siempre ha hecho lo que le pido?

Un total de 15 usuarios hicieron uso del prototipo desarrollado, todo esto para determinar si la funcionalidad de la aplicación era la adecuada para el uso entre diferentes usuarios no relacionados con la tecnología *eye-tracking*. Al realizar la calibración los usuarios empezaban con un error, en promedio, del 52% puesto que esta era la primera vez que utilizaban un *eye-tracker* y después de varios intentos bajaban su error a un 30% aproximadamente, con el que ya podían utilizar la aplicación.

En promedio cada usuario duraba 20 minutos aproximadamente en completar la prueba. Este tiempo incluye las pruebas preliminares llevadas a cabo a fin de que los usuarios pudieran familiarizarse con el manejo del *eye-tracker*. Los usuarios requirieron en promedio 45s aproximadamente para escribir una palabra corta de 6 a 8 caracteres. Con estas pruebas se constata que la escritura en un teclado físico es más rápida (necesitan en promedio 2.5s) dado a que en general no estamos familiarizados a escribir con la mirada como es el caso de este proyecto.

Pregunta	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Sí (%)	13	0	7	60	73	80%	27%	47%	20%
Indeciso (%)	20	7	53	40	27	20%	53%	53%	40%
No (%)	67	93	40	0	0	0%	20%	0%	40%

**Tabla 10-2.** Resultados de encuestas de la usabilidad del software.

En la Tabla 10-2 se resumen los resultados obtenidos en la encuesta aplicada a los usuarios y en la Figura 10-10 se presenta un gráfico que representa los porcentajes de respuestas obtenidos.

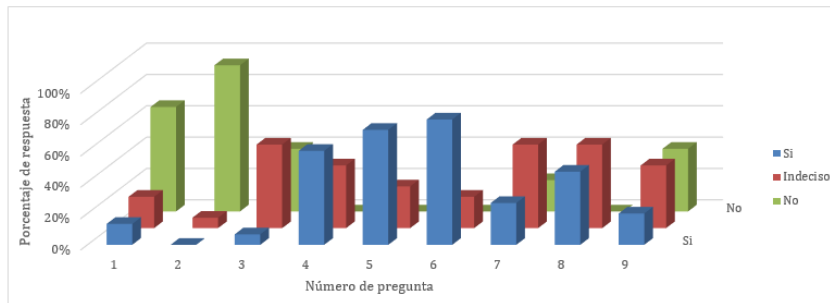


Figura 10-10. Porcentajes de respuestas de la encuesta realizada.

## 10.5. Discusión y conclusiones

En este trabajo se muestra cómo es posible construir un sistema de “control” de una aplicación de software mediante la mirada. Se presenta éste como una nueva forma de interacción humano-computadora. Sin embargo, los retos y dificultades encontradas también se discuten a fin de dar a conocer las limitaciones del desarrollo. Por ejemplo, dado que una persona no está acostumbrada a utilizar la mirada como medio de escritura resulta tedioso y agotador hacerlo, ya que provoca estrés visual y resequedad en los ojos por mantenerlos abiertos por periodos más largos a lo normal. Sin embargo, conforme se utilice y acostumbre a usar esta herramienta la interacción entre el usuario y la aplicación de software resulta ser mucho más sencilla. Por otro lado, si nos centramos en responder a la pregunta ¿qué grado de usabilidad/experiencia de usuario tiene esta aplicación?, se verifica que el grado de usabilidad es adecuado, ya que se puede escribir con la mirada, y ¿en qué medida la aplicación y el proyecto podría reemplazar toda la funcionalidad de un teclado

físico?, se puede decir que este prototipo no reemplaza ni busca reemplazar toda la funcionalidad de un teclado físico, por un lado porque los usuarios requieren un proceso de adaptación que puede ser largo y tedioso y que además la tecnología *eye-tracking* no está totalmente popularizada. Se hace hincapié en esto último a pesar de que hay una tendencia que muestra que esto pasará en poco tiempo, como la existencia del *smartphone* Samsung Galaxy S4 que posee ya estas capacidades de *eye-tracking* y actualmente se encuentra en el mercado.

## 10.6. Referencias

“Agudeza Visual.” s.f. Capítulo. En Guía Clínica. Madrid.

<http://media.axon.es/pdf/80824.pdf>

Baccino, Thierry. 2005. Distribución De Las Fijaciones Oculares Sobre Un Cuadro, Un Texto y Una Partitura Musical . Lutin Userlab . LUTIN. <http://www.lutin-userlab.fr/baccino/>

Carrizales Mayorga, Cesar A. 2014. “Un Método Para La Gestión De Proyectos De Software, Utilizando El Modelo Iterativo e Incremental: Un Enfoque De Sistemas.” Tesis, Universidad Autónoma de México.

Chih-Yang, Chen, Alla Ignashchenkova, Peter Thier, and Ziad M. Hafed. 2015. “Neuronal Response Gain Enhancement Prior to

Microsaccades.” *Current Biology* 25 no. 16: 2065–74.  
doi:10.1016/j.cub.2015.06.022.

Crespo León, Antonio, Raúl Cabestrero Alonso, y Pilar Quiros Expósito. 2008. *Metodología de investigación básica: Parámetros oculares y procesamiento de la información*. DVD. Madrid: España. Universidad Nacional De Educación a Distancia.

EyeTracking Inc. 2012. “King Midas and the Golden Gaze.”  
EYETRACKING.

<http://www.eyetracking.com/News/EyeTracking-Blog/EntryId/57/King-Midas-and-the-Golden-Gaze>

Farnsworth, Bryn. 2017. “Eye Tracking: The Complete Pocket Guide.” IMOTIONS. iMotions. <https://imotions.com/blog/eye-tracking/>

Gila , L., A. Villanueva, and R. Cabeza. 2009. “Fisiopatología y Técnicas De Registro De Los Movimientos Oculares.” *Anales Del Sistema Sanitario De Navarra* 32: 9–26.

Hafed, Ziad M., Laurent Goffart, y Richard J. Krauzlis. 2009. “A Neural Mechanism for Microsaccade Generation in the Primate Superior Colliculus.” *Science* 323 no. 5916: 940–43.

Hunziker. 2006 . *Foveal Vision in Reading*. Hunziker Multimedia. Stäubli Verlag AG.

INTEF (Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado). 2018. “Anatomía y Fisiología Ocular.” Capítulo. En *Educación Inclusiva: Personas Con Discapacidad Visual*. Madrid, España: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

Kirakowski, Jurek. 2011. “Software Usability Measurement Inventory SUMI.” SUMI. <http://sumi.uxp.ie/en/index.php>

Martínez Montero, Paloma, y Jazmin Molano Mateos. 2014. “Genética Molecular Aplicada Al Diagnóstico De Enfermedades Hereditarias.” *SEQC* 18 (Mayo): 64–74.

Mendoza Vázquez, Guadalupe, Alberto D. Rocha Muñoz, Antonio de Jesús Guerra Soto, Melissa Ramírez-Villafaña, Alicia G. González-Sánchez, Jorge I. Gámez-Nava, y Arnulfo Nava. 2013. “Artritis Reumatoide.” *El Residente* 8 no. 1: 12–22.

Ser Programador. 2014 “Autocompletar En Java Swing v2 (Beta).” 2014. Ser Programador. Feedback Networks. Junio. <https://serprogramador.es/autocompletar-en-java-swing-v2-beta/>

Tejero Gimeno, Pilar, Gemma Pastor Cerezuela, y Antonio Crespo. 2004. “Exploración Visual y Movimientos Oculares En Conductores Con Distinta Experiencia: Una Revisión.” *Anales De Psicología* 20 no. 1: 127–45.

Velazquez Guerrero, Rubén. s. f. “Consideraciones en la medición de la agudeza visual” Imagen Óptica. Imagen Óptica.

<http://www.imagenoptica.com.mx/pdf/revista50/consideraciones.htm>



## **Capítulo 11**

### **Acceso No Visual a Contenidos Digitales**

Silvia B. Fajardo Flores, Universidad de Colima

Laura S. Gaytán Lugo, Universidad de Colima

Pedro C. Santana Mancilla, Universidad de Colima

Miguel A. Rodríguez Ortiz, Universidad de Colima

#### **11.1. Introducción**

El acceso a la información es un derecho fundamental del ser humano. Según la Declaración Universal de los Derechos Humanos de 1948, el derecho al acceso a la información es parte del derecho fundamental a la libertad de expresión. Gracias al Internet, en la actualidad se puede decir que en la mayoría de países las personas disfrutamos de acceso a todo tipo de contenidos en distintos medios: texto, imagen, audio y video, y a través de diferentes dispositivos digitales: computadoras de escritorio, laptops y dispositivos móviles. Sin embargo, existe un segmento importante de la población mundial a quien le resulta difícil y a veces imposible acceder a contenidos; se trata de las personas con discapacidad, las cuales requieren algunas adaptaciones a nivel de dispositivo y a nivel de contenido, dependiendo de sus posibilidades

físicas y sensoriales. En este capítulo nos enfocaremos en el acceso de las personas con discapacidad visual.

### **11.1.1. Acceso a nivel de dispositivo**

Las personas ciegas pueden utilizar computadoras y dispositivos móviles con la ayuda de un lector de pantallas, el cual permite la salida de datos mediante una aplicación de texto a voz (*Text-To-Speech* o TTS) que detecta el contenido textual activo en una interfaz y produce una salida en audio. Los lectores de pantalla actualmente están disponibles de manera nativa en los sistemas operativos de computadoras de escritorio y móviles. Por ejemplo, en Windows está disponible el Narrador, mientras que los dispositivos con iOS cuentan con *VoiceOver*, y en *Android TalkBack*. Existen además lectores de pantalla para instalar en diversos sistemas operativos, como JAWS (*Job Access with Speech*) y NVDA (*Nonvisual Desktop Access*) para *Windows*, y *Orca* y *Emacspeak* para *Linux*, entre otros. La entrada de datos no requiere dispositivos o aplicaciones específicas; en las computadoras de escritorio se puede utilizar un teclado común para escribir, y la navegación se lleva a cabo con las flechas y algunos atajos; en los dispositivos móviles se utiliza la pantalla táctil con gestos ligeramente distintos a los comunes. Si bien la interacción básica es posible, existen limitaciones inherentes a la entrada y salida no visual.

### **11.1.2. Acceso a nivel de contenidos**

Las aplicaciones de lectura de pantalla permiten la interacción en un dispositivo; sin embargo, no aseguran el acceso a los contenidos que se muestran en él. A la fecha, los lectores de pantalla son capaces de leer contenido textual, así como algunas características que permiten conocer la estructura de un documento e información adicional no visible tales como estilos y texto alternativo de tablas y figuras, los cuales se indican al momento de producir un documento editable o en Web. Los contenidos Web que incluyen gráficos y animaciones pueden ser accesibles si se toman en cuenta las Pautas de Accesibilidad para el Contenido Web (WCAG) 2.0<sup>19</sup>. Gran parte de la problemática actual de acceso radica en la falta de accesibilidad en los contenidos, la cual se debe en gran medida al desconocimiento de las necesidades de las personas con discapacidad por parte de los que los producen, así como de la forma en que pueden facilitar el acceso. En menor medida pero igualmente importante es la diferencia en el soporte de accesibilidad que ofrecen los distintos navegadores Web.

### **11.2. Problema**

A pesar de que las personas con discapacidad visual pueden utilizar computadoras y dispositivos móviles de distintas plataformas con la ayuda de un lector de pantallas, tienen dificultad para acceder a contenidos por diversas razones, entre las cuales se encuentran las siguientes:

---

<sup>19</sup> <http://www.sidar.org/traducciones/wcag20/es/>

**Razón 1:** No se tomó en cuenta la accesibilidad al momento de desarrollar los contenidos

**Razón 2:** En el caso de los sitios Web, la lectura de los contenidos depende de la accesibilidad del navegador

**Razón 3:** Los contenidos son complejos de acceder por su naturaleza, tales como ecuaciones matemáticas o fórmulas químicas, las cuales no se pueden leer de la misma manera que los contenidos literarios

Lo anterior presenta un problema de falta de equidad en el acceso a la información para personas con discapacidad visual, que a su vez redunda en menores oportunidades de estudio, trabajo y participación activa en la sociedad.

### **11.3. Marco teórico**

A nivel internacional y nacional se han realizado proyectos que tienen por objetivo facilitar el acceso a la información a personas con discapacidad visual tanto en lectura como en edición de contenidos. Con respecto a la facilidad de lectura, se sabe que las personas ciegas prefieren leer de manera activa que pasiva, y para ello utilizan atajos y comandos del lector de pantallas (Takagi et al, 2004). Por otro lado, a fin de leer contenidos en el menor tiempo posible, las personas ciegas prefieren leer a velocidades que van hasta más del doble de lo que un usuario promedio puede escuchar sin práctica (Asakawa et al, 2003).

A nivel de contenidos, la posibilidad de llevar a cabo una lectura activa sigue dependiendo de quién los produce. Entre los proyectos realizados por la comunidad mexicana sobre el acceso no visual se encuentra el desarrollo de una interfaz conversacional accesible a personas con discapacidad visual y motriz (Íñiguez Carrillo et al, 2018), una propuesta de memorama básico accesible (Esparza Maldonado et al, 2017) y algunas guías de diseño de mensajes auditivos para orientar al usuario ciego en el uso de MOOCs (Álvarez Robles et al, 2016). Por otro lado, se realizó un caso de estudio sobre las necesidades de acceso a la información en dispositivo móvil de una persona con discapacidad visual y motriz combinadas (Fajardo Flores et al, 2017).

Mientras la lectura activa es posible de manera más o menos eficiente en contenidos literarios, facilitar la entrada no visual de datos ha resultado una tarea más complicada, en particular en dispositivos móviles. Algunas propuestas para facilitar la entrada de datos son: *NavTouch* (Guerreiro et al, 2008), una aplicación que ordena las letras alfabéticamente y en la que el usuario puede navegar entre las consonantes con gestos hacia la derecha e izquierda, y entre las vocales con gestos hacia arriba y abajo. La propuesta de Oulasvirta et al (2013) tiene como propósito facilitar la entrada con los pulgares por medio de la reorganización de teclas; por su parte, Azenkot et al (2013) se centraron en facilitar la entrada de números con la aplicación *DigiTaps*. Existen también aplicaciones para la entrada en

braille tanto en aplicaciones de escritorio como en dispositivos móviles. Sin embargo, aún con limitaciones, la manera más eficiente de entrar datos hasta el momento es el dictado a través de aplicaciones de reconocimiento de voz como *Siri*, *Google Now* y *Cortana*. Azenkot y Lee (2013) reportan que un 90.6% de usuarios ciegos y con baja visión utiliza el dictado en dispositivos móviles, lo cual representa aproximadamente un 35% más que en personas con vista.

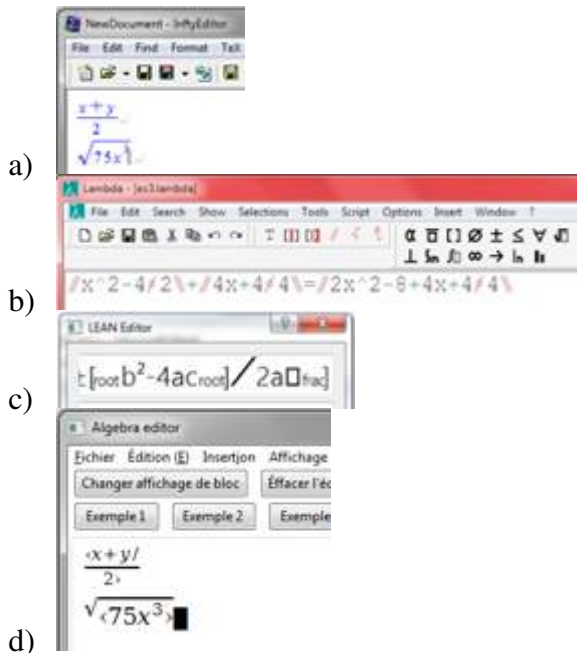
Si bien se puede considerar que se tiene una accesibilidad aceptable en la lectura y edición de contenidos literarios, la situación no es la misma en lo que respecta a contenidos científicos, los cuales son comunes en materiales de estudio de matemáticas, química, física y estadística, entre otros. Existen aplicaciones de escritorio accesibles diseñadas especialmente para la lectura y edición de contenidos matemáticos, como el editor *Infty*<sup>20</sup>, *LAMBDA* (Schweikhardt et al, 2006), *SensoMath* (Engelen & Simons, 2011) y *LEAN* (Gardner, 2014). Por otro lado, *MathPlayer*<sup>21</sup> y *MathSpeak*<sup>22</sup> permiten leer ecuaciones matemáticas en línea. En el contexto nacional, existe el prototipo Algebra editor (Fajardo Flores, 2014), que además de permitir editar y leer ecuaciones básicas, incluye funciones de búsqueda y diversos modos de selección y copiado.

---

<sup>20</sup> <http://www.inftyproject.org/>

<sup>21</sup> <http://www.dessci.com/en/solutions/access/accessibilityfeatures.htm>

<sup>22</sup> <http://www.gh-mathspeak.com/>



**Figura 11-1.** Algunos editores accesibles: a) *Infty*, b) *LAMBDA*, c) *LEAN*, d) Algebra editor.

Actualmente se estudian además funciones alternativas de navegación de ecuaciones y búsqueda de términos en las mismas (Fajardo Flores et al, 2016), así como alternativas de visualización de contenidos matemáticos en línea braille (Fajardo Flores et al, 2017). El acceso y producción de contenidos matemáticos sigue siendo un reto y un tema actual de investigación.

Es común que en las investigaciones relacionadas con la entrada y salida no visual de cualquier tipo de contenido se analice si el lector de pantalla es capaz de acceder a los contenidos de manera activa, sin embargo por lo general no se consideran aspectos de desempeño.

Takagi et al (2004) lo hicieron notar hace más de una década, cuando comprobaron que los usuarios ciegos requieren velocidades de lectura aún mayores a las ofrecidas desde entonces por los lectores de pantalla. A la fecha se han hecho esfuerzos por estimar la eficiencia del acceso no visual a sistemas, y asimismo se trabaja en agilizar el uso no visual de dispositivos y aplicaciones. Existen modelos conocidos de predicción como el *Keystroke-Level Model* (KLM), que permiten estimar tiempos de ejecución de tareas, y que pueden ser adaptados al análisis de interacción de personas con discapacidad visual que utilizan un dispositivo (Schrepp, 2010). KLM es solo uno de los miembros de la familia GOMS (*Goals, Operators, Methods and Selection rules*) que permite describir las interacciones requeridas para una tarea específica. El usuario quiere realizar tareas (*Goals*) en la aplicación, a través de acciones (*Operators*) permitidas por la misma; el usuario puede realizar dichas tareas de varias maneras (*Methods*), y seleccionará la más conveniente según ciertos criterios (*Selection rules*). En KLM, los operadores van desde prepararse mentalmente para realizar una acción (operador mental *M*), apuntar un elemento con el ratón (operador de puntero *P*), hacer clic o presionar una tecla (operador de teclado o ratón *K*). Cada uno de estos operadores tiene asignado un tiempo de ejecución aproximada, y la sumatoria de los mismos permite medir el tiempo estimado de realización de la tarea. A continuación se ilustra el modelo con un ejemplo:



Tarea: Copiar el texto “Hola mundo” al portapapeles utilizando únicamente el teclado. Considerar que el cursor se encuentra al inicio de la línea:

Hola mundo

Descripción de la sub-tarea	Operador	Duración* (seg.)
<b>Preparar mentalmente los pasos</b>	M	1.35
<b>Colocar manos sobre el teclado</b>	H	0.40
<b>Presionar Shift+Alt+FlechaDer</b>	K * 3	0.60
<b>Presionar Shift+Alt+FlechaDer</b>	K * 3	0.60
<b>Presionar Ctrl+C</b>	K * 2	0.40
<b>Tiempo estimado</b>		3.35

Tabla 11-1. Estimación de ejemplo con KLM. (\*) Tiempos considerados en John (2003).

A partir del modelo original se han hecho propuestas para su adaptación a la estimación de tareas en dispositivos móviles, integrando como operadores los gestos correspondientes; la estimación de los tiempos se encuentra aún en proceso de validación. La estimación del tiempo de ejecución de tareas es importante porque permite medir la eficiencia en la edición de textos, uso de menús, navegación en una página Web, y cualquier tipo de tarea que el usuario pueda realizar en algún dispositivo. Existen algunas propuestas para adaptar el modelo a tareas realizadas de manera no visual; en este caso, se requiere considerar entre los operadores: el tiempo de lectura, la velocidad del lector de pantalla, la entrada y

salida braille, además de la entrada por voz. Asimismo, es muy importante entender las necesidades de navegación de una persona sin vista para considerar los diferentes métodos posibles en que puede realizar una tarea. Existen algunas propuestas para integrar la interacción no visual a KLM (Tonn-Eichstädt, 2006; Termin et al, 2010; Al-Megren et al, 2017), las cuales analizan principalmente la integración del tiempo de lectura de pantalla. En el ámbito local, Fajardo Flores et al (2018) realizaron una comparación entre los tiempos obtenidos con KLM y los obtenidos utilizando lector de pantalla, en un examen en línea utilizando distintas velocidades en ambas mediciones. Los resultados obtenidos mostraron que en la mayoría de los casos la estimación con KLM resultó mayor que los tiempos obtenidos utilizando el lector de pantallas, lo cual sugiere que los operadores utilizados en la propuesta no visual de KLM requieren revisión para reflejar una estimación más confiable.

A fin de permitir al usuario un acceso eficiente a contenidos digitales, es necesario verificar: que los contenidos sean legibles por el lector de pantallas, que permitan la lectura activa, que ofrezcan una entrada no visual de datos equivalente a la visual, y que permitan al usuario realizar tareas en un tiempo razonable.

#### **11.4. Caso de estudio: Análisis de necesidades de interacción de estudiantes ciegos en un examen en línea**

Un problema común entre los estudiantes ciegos integrados a escuelas regulares de cualquier nivel es la dependencia de terceras personas para realizar actividades escolares: toma de notas, entrega de tareas, acceso a materiales de estudio, realización de exámenes, entre otros. Gracias a los lectores de pantalla, es posible que los estudiantes sean autosuficientes en la mayoría de las actividades, con las limitaciones de acceso mencionadas anteriormente. Actualmente en las escuelas y universidades se utiliza una gran cantidad de materiales en línea tanto para la educación a distancia como para clases presenciales; sin embargo, mientras los desarrolladores de materiales no tomen en cuenta la accesibilidad y no comprendan las necesidades de los alumnos ciegos, éstos no podrán ser independientes. De manera anecdótica se sabe que un gran número de estudiantes ciegos en México hace sus exámenes en línea apoyado por alguien que les lee las preguntas y a quien comunican sus respuestas, e incluso se tiene conocimiento de alumnos que han realizado exámenes de cálculo de manera oral. Si bien hemos visto que la lectura y edición de materiales matemáticos y científicos presenta aún retos importantes, la mayoría de materiales de otras áreas puede hacerse accesible tomando en cuenta pautas de accesibilidad y probando los materiales con usuarios para comprobar su facilidad de uso. En este estudio nos enfocamos en

el análisis de la accesibilidad y facilidad de uso de un examen en línea que puede servir como base para el desarrollo de exámenes que puedan ser usados por todos los estudiantes, incluyendo a los que son ciegos, a fin de contribuir a la inclusión escolar.

#### **11.4.1. Objetivos del estudio**

- Conocer la experiencia de los participantes en hacer exámenes en línea.
- Analizar las necesidades de navegación no visual en un examen en línea.
- Verificar si el participante puede realizar un examen en línea sin apoyo de un tercero.
- Analizar la facilidad de responder diferentes tipos de pregunta integrados en un examen en línea.

#### **11.4.2. Metodología**

Se diseñó un examen en línea con once preguntas, incluyendo los siguientes tipos de respuesta:

- Opción única y opción múltiple (botón de verificación y casilla de verificación)
- Escala lineal tipo *Likert* (botón de verificación)
- Listas desplegables (cuadro combinado)

- Respuesta corta (cuadro de edición)

El examen se dividió en dos secciones: la primera consistió en ocho preguntas sobre cultura general, y la segunda en tres preguntas de retroalimentación sobre el examen.

El examen se desarrolló tomando en cuenta aspectos básicos de accesibilidad Web, y está planeado para su lectura con los atajos del lector de pantallas. Para su construcción se utilizó HTML5 y la librería *Bootstrap* 3.3.6 para los estilos; en cuanto a las etiquetas HTML se tomaron en cuenta las recomendaciones del sitio *WebAim: Web Accessibility in Mind*<sup>23</sup>, para la creación de formularios. Como resultado del seguimiento de estas pautas se tuvo que agregar la etiqueta *fieldset* para agrupar las etiquetas *input:type=radio* e *input:type=checkbox*, además de cambiar la estructura propuesta por Bootstrap para que el lector de pantalla pudiera leer todos los textos, estos cambios permiten que en las preguntas de tipo opción múltiple, que son las que utilizan los elementos *input:type=checkbox*, el lector de pantalla les repita la pregunta por cada opción a seleccionar. Una vez armado, se procedió a su validación para asegurar que cumpliera con el nivel AA de las pautas WCAG 2.0 de accesibilidad.

---

<sup>23</sup> <https://webaim.org/techniques/forms/controls>

Para las pruebas se utilizó una computadora de escritorio con sistema operativo Windows 8, con Internet Explorer 11 y el lector de pantallas JAWS 16.

### **11.4.3. Participantes**

Cinco estudiantes de licenciatura, con ceguera, con experiencia en el uso de lector de pantallas.

### **11.4.4. Protocolo**

Las pruebas se realizaron de manera individual, con un observador. El observador se encargó de cargar el examen en el navegador, ejecutar el lector de pantallas JAWS, y dar las indicaciones de la prueba al participante. Se requirió de una sesión de aproximadamente 15 minutos por participante, en la cual se realizó lo siguiente:

- Paso 1:** El observador explicó al participante el propósito de la prueba, aclarando que lo que observaremos es la interacción con el examen en línea, y no su conocimiento de las respuestas.
- Paso 2:** El observador pidió la autorización verbal del participante para realizar la prueba y grabar en video.
- Paso 3:** El observador preguntó al participante si ha realizado exámenes en línea, y de ser así, cuál es la forma en la que navega para poder leer y responder el examen.

**Paso 4:** El observador pidió al participante que resolviera el examen, indicando que expresara sus pensamientos en voz alta durante el proceso.

**Paso 5:** El participante contestó 3 preguntas de retroalimentación sobre la facilidad de interacción con el examen, incluidas al final del mismo.

Las sesiones fueron grabadas en video. Este estudio no consideró la medición del tiempo de realización del examen para no interferir con el protocolo de manifestar pensamientos en voz alta, el cual implica más tiempo al realizar la prueba. Sin embargo es importante considerar que al utilizar una aplicación de lectura de pantallas, el usuario ciego requiere más tiempo para leer el examen que el usuario sin discapacidad visual.

### **11.4.5. Resultados**

Ninguno de los participantes había realizado exámenes en línea de manera autónoma. La experiencia previa con exámenes en línea consiste en realizarlos con el apoyo de un maestro como intermediario para leer las preguntas y escribir en el examen las respuestas indicadas por el alumno. El alumno no interactuaba con el examen directamente. Un participante indicó haber utilizado los formularios de Google, y comentó que es una plataforma ideal para realizar exámenes.

Con respecto a la interacción en el examen, los participantes utilizaron únicamente las flechas para navegar entre las preguntas y respuestas. No utilizaron ninguno de los atajos del lector de pantallas. Para la selección utilizaron la barra espaciadora.

Todos los participantes pudieron contestar de manera autónoma el examen. Con respecto a la facilidad de uso del examen propuesto, los participantes opinan que fue sencillo utilizarlo, y que podrían utilizar este formato de examen en sus clases (Tabla 11-2).

Pregunta	Pa1	Pa2	Pa3
Me pareció sencillo interactuar con este examen.	5	4	4
Podría utilizar el formato de este tipo de exámenes en mis clases regulares.	5	4	5
De los tipos de pregunta con los que interactué, los siguientes se me hicieron más sencillos.	Opción única	Respuesta corta, Opción múltiple	Escala de <i>Likert</i> , Opción múltiple

**Tabla 11-2.** Retroalimentación de los participantes sobre la facilidad de uso del examen (Totalmente en desacuerdo = 1; En desacuerdo = 2; Neutral = 3; De acuerdo = 4; Totalmente de acuerdo = 5)

El único tipo de pregunta que causó un poco de dificultad fue el de seleccionar respuesta en lista desplegable. Todos los participantes pudieron responder, solo que a algunos les tomó un poco de tiempo navegar en las opciones y saber si habían seleccionado una respuesta. En las preguntas de opción múltiple, dos de los participantes preguntaron cómo se cambiaba la respuesta si ya se había seleccionado una.



En la pregunta de casillas de verificación, donde se repite la lectura de la pregunta antes de cada opción, los participantes no siempre requerían leer la pregunta completa.

Con respecto a las necesidades que tienen al hacer un examen, solo comentaron que desean tener la facilidad de corroborar las respuestas y corregir en caso de ser necesario. Lo anterior es posible haciendo una navegación básica, únicamente es necesario que el usuario sepa que en las preguntas de botón de opción no verificada al seleccionar una opción se deselecciona la anterior, y en las de casillas de opción cada una de las casillas puede seleccionarse y deseleccionarse como un interruptor. Mencionaron además que además de los tipos de pregunta incluidos en este examen, hay otros como relacionar columnas, verdadero y falso, y preguntas con respuesta larga.

Un participante comentó que los estudiantes ciegos que hacen exámenes en línea necesitan más tiempo que los demás, a causa del uso del lector de pantallas. Otro participante comentó:

*“ojalá así me hubieran hecho mis exámenes, no que casi todo mundo se daba cuenta de lo que contestaba”.*

### **11.5. Discusión y conclusiones**

Los resultados de nuestro estudio fueron muy positivos y sugieren que los estudiantes ciegos pueden realizar exámenes en línea sin dificultad, tomando en cuenta algunas consideraciones de diseño Web.

Con respecto a la navegación en el examen, si bien los participantes pudieron resolver de manera autónoma todas las preguntas, no utilizaron los atajos del lector de pantallas para la navegación como esperábamos. Todos los participantes utilizaron una navegación estrictamente lineal hacia abajo y hacia arriba. Lo anterior no resta importancia al hecho de que el contenido del examen debe estar diseñado para permitir la lectura activa y cumplir con las pautas de accesibilidad, ya que la preferencia de navegación podría variar de persona a persona, o bien puede depender de la cantidad de preguntas involucradas en el examen. Lo que sí pudimos constatar fue que de la misma manera que las personas con vista, las personas ciegas tienen necesidad de revisar sus respuestas, y modificarlas en caso de ser necesario, aunque para lograrlo no se requieren consideraciones especiales de navegación.

Por otro lado, el hecho de que los participantes interrumpieran la lectura de las preguntas que se repiten antes de las respuestas de casilla de verificación, nos permite por un lado observar que buscan ahorrar tiempo de lectura, y por otro lado nos da una pauta a considerar al momento de proponer escenarios hipotéticos para el análisis de tareas con KLM. Es decir, si un alumno ya escuchó por lo menos una vez

una línea que contiene ya sea una pregunta o respuesta, es muy probable que en las veces posteriores que el lector comience a leerla, el usuario lo interrumpa una vez que identifique de qué pregunta o respuesta se trata; en este caso, el operador de KLM que indica la salida de audio no puede estimarse con la misma duración que cuando se lee la pregunta por primera vez.

Es importante asimismo mencionar que ningún participante modificó la velocidad de lectura, aunque esto no necesariamente indica que no intentarán hacerlo en su uso cotidiano del lector de pantallas.

Entre las consideraciones de diseño Web del examen podemos mencionar que en las preguntas que incluyen un cuadro de edición, es muy probable que el usuario intente presionar la tecla Enter en lugar del tabulador para finalizar su respuesta, con lo cual puede provocar el envío involuntario del formulario. Es necesario tomar medidas para que esto no suceda. En el caso de las preguntas de opción múltiple, el lector de pantalla distingue entre las opciones que utilizan botón de verificación (*radiobutton*) de las que utilizan casilla de verificación (*checkbox*). La diferencia es muy sutil en la lectura, ya que en la primera se lee “botón de opción no verificado” (o “verificado” si fue previamente seleccionado), y en las segundas “casilla de verificación no verificada” (o “verificada” si fue previamente seleccionada). Si el usuario no tiene mucha experiencia con el lector de pantalla, esta

diferencia podría pasar desapercibida y provocar confusión en la manera de seleccionar la respuesta: las primeras requieren una sola respuesta, la cual se selecciona al presionar la barra espaciadora, y al seleccionar una opción diferente se deselecciona la que estaba seleccionada; en las segundas se permite más de una opción correcta, y la casilla se activa o desactiva como un interruptor. Como medida preventiva y para evitar confusión, se sugiere mencionar en el planteamiento de la pregunta si se puede seleccionar una sola respuesta o varias.

Con respecto a los tipos de pregunta mencionados por los alumnos y no incluidos en el examen en línea, son preguntas que pueden realizarse con las mismas opciones de formulario. Por ejemplo, las preguntas de Falso y Verdadero se pueden hacer con dos botones de opción, y el puntaje de las mismas se puede calcular con código de programación en caso de requerirse.

Para finalizar, se hace patente la necesidad de dar al usuario ciego más tiempo para resolver el examen, no porque la ceguera sea una limitante de tipo cognitivo, sino por la limitación del tipo de acceso que implica el uso de un lector de pantalla. A comparación del usuario sin discapacidad visual que realiza la lectura de manera inmediata, el usuario ciego requiere escuchar la salida de audio del lector de pantallas. Al respecto, la estimación del tiempo de navegación no visual con KLM podría darnos una idea de cuánto tiempo extra implica esa diferencia, sin embargo dicha estimación es complicada

porque como pudimos constatar en este estudio, existen algunos factores que provocarán la interrupción de la lectura, modificando así el tiempo total de la estimación.

Permitir a un estudiante ciego resolver de manera autónoma sus exámenes escolares es solo uno de los retos actuales de escuelas y universidades para lograr la inclusión. Facilitar el acceso a materiales escolares en general es posible a través de la concientización de las personas que intervienen en el diseño y desarrollo de los mismos sobre la accesibilidad, y del seguimiento de algunas pautas que están bien documentadas. La consideración de los aspectos de accesibilidad mencionados en este documento permitirá promover la equidad en el acceso a materiales de estudio a las personas con discapacidad visual, por lo menos en lo que respecta a contenidos literarios. El acceso no visual a contenidos científicos continúa siendo un tema importante de estudio, y representa uno de los retos actuales en el área de la interacción humano-computadora.

## **11.6. Referencias**

Al-Megren, S., Altamimi, W., & Al-Khalifa, H. S. (2017, September).

Blind flm: An enhanced keystroke-level model for visually impaired smartphone interaction. In IFIP Conference on Human-Computer Interaction (pp. 155-172). Springer, Cham.

Azenkot, S., & Lee, N. B. (2013, October). Exploring the use of speech input by blind people on mobile devices. In

Proceedings of the 15th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility (p. 11). ACM.

Azenkot, S., Bennett, C. L., & Ladner, R. E. (2013). DigiTaps: eyes-free number entry on touchscreens with minimal audio feedback. In Proceedings of the 26th annual ACM symposium on User interface software and technology (pp. 85-90). ACM.

Engelen, J., Simons, B., & en Liefde, B. L. (2011). Towards a common braille math code for flemish students. In Proceedings of the World Congress Braille21 (p. 48).

Esparza-Maldonado, A. L., Margain-Fuentes, L. Y., Álvarez-Rodríguez, F. J., & Benítez-Guerrero, E. I. (2018). Desarrollo y evaluación de un sistema interactivo para personas con discapacidad visual. *TecnoLógicas*, 21(41), 149-157.

Fajardo Flores, S. (2014). Modélisation des interactions non visuelles dans un environnement de travail mathématique visuel et non visuel synchronisé (Tesis doctoral, Paris 8).

Fajardo Flores, S., Gutiérrez-Pulido, J., Andrade Aréchiga, M. (2017). Facilitating non visual access to math equations on braille displays. Symposium HCI across borders. Denver, EUA.

Fajardo, S., Andrade, M., & Rodríguez, E. (2016). Vista jerárquica de expresiones matemáticas para facilitar la comprensión sintáctica. *FAZ Journal*, No. 9. pp.32-56. ISSN 0718-526X.

- Fajardo-Flores, S. B., Gaytán-Lugo, L. S., Santana-Mancilla, P. C., & Rodríguez-Ortiz, M. A. (2017, November). Mobile Accessibility for People with Combined Visual and Motor Impairment: A case Study. In Proceedings of the 8th Latin American Conference on Human-Computer Interaction (p. 7). ACM.
- Fajardo-Flores, S. B., Gaytán-Lugo, L. S., Santana-Mancilla, P. C., & Rodríguez-Ortiz, M. A. (2018, October). Comparison Between KLM Estimations and Screen Reader Times in Non-Visual Interaction. In Proceedings of the 7th Mexican Conference on Human-Computer Interaction (p. 11). ACM.
- Gardner, J. A. (2014). The LEAN math accessible MathML editor. In International Conference on Computers for Handicapped Persons (pp. 580-587). Springer, Cham.
- Guerreiro, T., Lagoá, P., Nicolau, H., Gonçalves, D., & Jorge, J. A. (2008). From tapping to touching: Making touch screens accessible to blind users. *IEEE MultiMedia*, 15(4), 48-50.
- Íñiguez Carrillo, A., Gaytán Lugo, L., García Ruiz, M., Maciel Arellano, R.. (2018). Development of a usable and accessible conversational interface for a Mexican university system. Symposium HCI across borders. Montreal, Canada

- John, B. E. (2003). Information processing and skilled behavior. in HCI models, theories, and frameworks (Carroll, J., ed). pp. 55-101. Morgan Kaufmann Publishers.
- Oulasvirta, A., Reichel, A., Li, W., Zhang, Y., Bachynskiy, M., Vertanen, K., & Kristensson, P. O. (2013, April). Improving two-thumb text entry on touchscreen devices. In Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (pp. 2765-2774). ACM.
- Robles, T. D. J. Á., González, A. M., Gaona, A. R. G., & Rodríguez, F. A. (2016). Addressing accessibility of MOOCs for blind users: Hearing aid for screen orientation. In User-centered design strategies for massive open online courses (MOOCs) (pp. 142-156). IGI Global.
- Schrepp, M. (2010). GOMS analysis as a tool to investigate the usability of web units for disabled users. *Universal Access in the Information Society*, 9(1), 77-86.
- Schweikhardt, W., Bernareggi, C., Jessel, N., Encelle, B., & Gut, M. (2006, July). LAMBDA: A European system to access mathematics with Braille and audio synthesis. In *International Conference on Computers for Handicapped Persons* (pp. 1223-1230). Springer, Berlin, Heidelberg.



- Takagi, H., Asakawa, C., Fukuda, K., & Maeda, J. (2004, October). Accessibility designer: visualizing usability for the blind. In ACM SIGACCESS Accessibility and Computing (No. 77-78, pp. 177-184). ACM.
- Tonn-Eichstädt, H. (2006). Measuring website usability for visually impaired people-a modified GOMS analysis. In Proceedings of the 8th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility (pp. 55-62). ACM.
- Trewin, S., John, B. E., Richards, J., Swart, C., Brezin, J., Bellamy, R., & Thomas, J. (2010, October). Towards a tool for keystroke level modeling of skilled screen reading. In Proceedings of the 12th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility (pp. 27-34). ACM.



## **Capítulo 12**

### **Uso de Juegos Serios para la Enseñanza-Aprendizaje de Competencias en Nivel Superior**

Pedro C. Santana Mancilla, Universidad de Colima

Miguel A. García Ruiz, Algoma University

Laura S. Gaytán Lugo, Universidad de Colima

Miguel A. Rodríguez Ortiz, Universidad de Colima

Silvia B. Fajardo Flores, Universidad de Colima

#### **12.1. Introducción**

A través de cualquiera de sus modalidades, el juego permite desarrollar habilidades cognoscitivas y sociales en las personas que lo practican. Su sentido lúdico, resulta atractivo y motivante en los distintos ámbitos en los que se puede aplicar. Además, permiten que el jugador active mecanismos de aprendizaje. Por ello, una de las áreas en donde se ha tomado ventaja de las bondades de esta actividad es el campo educativo.

Con el avance y la evolución de la tecnología, también los juegos se han transformado, fusionándose con distintas herramientas multimedia; y teniendo distintos fines que van acuerdo al público al que se dirigen. Es así, como se crean los juegos digitales, y con ellos,

llegan los juegos que tienen propósitos serios, tales como: educativos, de salud, de capacitación, entre otros.

Los juegos serios con propósitos educativos se han convertido en herramientas populares en los últimos años. En México, distintos investigadores, académicos y profesionistas han estado trabajando en su diseño e implementación con el fin de que estas herramientas puedan apoyar en la solución de distintos problemas sociales dentro del país.

Aunado a lo anterior, algunos puntos relevantes para el sector educativo son la actitud de los estudiantes respecto al aprendizaje, la diversidad de estudiantes es mayor que en décadas anteriores, el reconocimiento de distintos estilos de aprendizaje, las limitaciones en los recursos destinados a la educación y las habilidades digitales de los nuevos estudiantes. Así, estos factores permean la búsqueda de alternativas para apoyar a dicho sector.

En este capítulo nos enfocamos en el uso de juegos serios para la enseñanza-aprendizaje de competencias a nivel superior.

### **12.1.1. Las competencias en nivel superior**

De acuerdo con Irigoyen, Jiménez y Acuña (2011), debido al acelerado cambio de los conocimientos, así como del acceso a la información, los modelos que se han tomado para la formación universitaria se han ido modificando, pues se requiere un cambio de concepción respecto a los saberes. Estos autores, mencionan que las

necesidades educativas buscan: 1) un nueva formación e integración de los saberes, los cuales ya no actúan como entes estáticos y reproducibles; 2) la integración de fuentes de conocimiento que se puede adquirir fuera de la institución escolar y que incide en los programas de estudio; y 3) la difusión del conocimiento, así como su disponibilidad, tomando en cuenta elementos referentes las habilidades digitales y la tecnología disponible.

La educación basada en competencias, es una orientación que busca dar respuestas a la sociedad de la información, dotando a los estudiantes de capacidades que le permitan adaptarse a los requisitos específicos de la disciplina de su interés, para después incorporarse de forma profesional y laboral en la sociedad (Argudín, 2001; Irigoyen et al., 2011). De acuerdo con Posada-Álvarez (2004) el concepto de competencia es muy genérico, y se transforma de acuerdo a los elementos que la componen. Sin embargo, este autor explica que un concepto que es aceptado y común de competencia, es “el saber hacer en un contexto”. Argudín (2001) menciona que el concepto de competencia resulta de distintas tendencias de las teorías de cognición y se puede interpretar como los saberes en ejecución.

La Universidad de Colima, en su Plan Institucional de Desarrollo 2014-2017, explica la importancia de la implementación del modelo de enseñanza-aprendizaje por competencias. Así, la institución busca promover la formación integral de los estudiantes universitarios dentro

de un contexto global, tomando cuenta también los pilares expuestos por la UNESCO: conocer, ser, hacer y convivir (Universidad de Colima, 2014).

## **12.2. Planteamiento del problema**

Una de las principales demandas y retos que enfrentan las Instituciones de Educación Superior y el sector productivo es establecer un lenguaje común entre las instituciones educativas y las empresas con el propósito de formar exitosamente a los estudiantes, para lo cual, como se mencionó previamente, en los últimos años se ha propuesto el aprendizaje basado en competencias.

## **12.3. Marco teórico**

El uso de videojuegos en la educación puede proveer apoyo valioso para generar competencias en los estudiantes.

### **12.3.1. Juegos serios**

Los juegos serios se desarrollaron casi desde el inicio de los videojuegos comerciales en los años 70 y recientemente han sido estudiados por su gran importancia en la educación y el entrenamiento, además de su rápida expansión en la industria de los videojuegos (Laamarti, Eid, y El Saddik 2014). Cabe recalcar que los videojuegos pueden ser definidos como juegos electrónicos basados en computadora que son interactivos y fueron creados con fines de entretenimiento, los cuales se pueden jugar en un dispositivo electrónico especial (consola) con despliegue en un monitor o

televisión, además de jugarse en un teléfono inteligente o en una computadora (Esposito 2005; Fullerton et al. 2009).

No existe un consenso para definir el concepto de juegos serios. La definición cambia de acuerdo al contexto, quién y cómo los utiliza (Johannes S. Breuer y Gary Bente 2010). A continuación, se muestran algunas definiciones de los mismos:

Una de las primeras definiciones de juegos serios la describe (Abt 1987), donde explica que un juego serio es un videojuego que “tiene un propósito educativo explícito y bien definido; y que su intención es no solamente de proveer de entretenimiento”, además de mejorar el aprendizaje en ciertas áreas tales como las ciencias sociales, la física, el entrenamiento técnico, la planeación, la solución de problemas en el gobierno o en la industria.

Se considera que los juegos serios son videojuegos utilizados para fines distintos de mero entretenimiento, donde los estudiantes pueden experimentar y percibir situaciones simuladas que pueden ser peligrosas y costosas en la vida real (Susi, Johannesson, y Backlund 2007). Este tipo de juegos serios se aplican en áreas como la salud, negocios, corporaciones, gobierno y el área militar, principalmente.

También se considera que los juegos serios son un tipo de tecnología educativa que va más allá del mero entretenimiento, los cuales presentan un contexto significativo de aprendizaje rico en

información y son una opción de aprendizaje “seria” para los video jugadores (Stapleton 2004).

Hay autores que definen a los juegos serios como “juegos de computadora que tienen un aspecto educativo y de aprendizaje que no solamente tienen un propósito de entretenimiento, los cuales se pueden aplicar a diferentes contextos” (de Freitas y Liarokapis 2011). Los autores consideran que los juegos serios son una forma nueva de tecnología para la educación y el entrenamiento, la cual puede servir para soportar y aumentar la educación formal e informal. Los juegos serios se han aplicado en diversos contextos educativos y de entrenamiento, los cuales los hacen versátiles y no se encasillan a un área del conocimiento en particular.

Los juegos serios son definidos como juegos de video que producen un impacto educativo en una audiencia objetivo amplia y cumplir con ciertos objetivos educativos (Bellotti et al. 2009). Los autores mencionan que los juegos serios tienen dos propósitos principales: 1) ofrecer diversión y entretenimiento y 2) ser educativos.

Finalmente, una definición más amplia de los juegos serios es: “contienen otros aspectos además de una historia, arte y software. Sin embargo (...) ellos involucran pedagogía: actividades que educan o instruyen, impartiendo cierto conocimiento o habilidad. Esto aporta ‘seriedad’ a los videojuegos” (Zyda 2005).



Los juegos serios presentan características importantes, incluyendo:

**Característica 1:** Partes principales y elementos formales de los videojuegos, tales como historia, riesgos, objetivos, reglas del juego, mecánicas de interacción, gráficas de computadora, interfaz gráfica de usuario, efectos de sonido, música, háptica (ej. vibraciones), imágenes, etc. Cabe señalar que no todas estas partes están presentes en todos los juegos serios, por ejemplo, algunos pueden ser diseñados para usuarios ciegos que no necesitan algunos elementos como las interfaces gráficas.

**Característica 2:** Uno o más objetivos de aprendizaje.

**Característica 3:** Módulo o capacidad de evaluar al estudiante o aprendiz, además de proveer retroalimentación (feedback) acerca de lo aprendido.

Existen aplicaciones y conceptos similares a los juegos serios. Por ejemplo, el “Edutainment” (educación y entretenimiento) es un concepto de los años 90 el cual se refiere a cualquier videojuego que presenta algún aspecto y meta educativa, donde cualquier tipo de persona puede aprender cierto conocimiento de manera informal (Okan 2003). Un ejemplo de esto es una aplicación interactiva en forma de videojuego mostrado en algún museo. En contraste, en el

aprendizaje basado en videojuegos, los mismos tienen objetivos y resultados de aprendizaje bien definidos y claros (Susi, Johannesson, y Backlund 2007) pero sin llegar a ser juegos serios, ya que éstos no tienen el suficiente fundamento y estructura pedagógica que facilite y evalúe el aprendizaje del estudiante. Recientemente, el concepto de *gamificación* o *ludificación* también ha sido aplicado en ambientes educativos. *Gamificación*, es el proceso de agregar características de videojuegos a productos o servicios que no son videojuegos para mejorar su experiencia de usuario (Huotari y Hamari 2012). Esto es, un producto o servicio (por ejemplo, una página web) puede ser *gamificada* si se le agrega algún componente lúdico y elementos de videojuegos tales como retos. En muchos casos la *gamificación* de programas o productos electrónicos no siempre se consideran como juegos serios, ya que éstos no tienen elementos importantes y que pertenecen a juegos serios como por ejemplo la capacidad de evaluación de los estudiantes.

El diseño formal de los juegos serios es muy importante para poder desarrollar un juego efectivo, el cual debe ser soportado por teorías y modelos educativos sólidos y probados. (Gunter, Kenny, y Vick 2006) describen un modelo de diseño de juegos serios basado en el modelo definido por *Gagné* llamado Nueve Eventos de Instrucción (Gagné 1987). El modelo de Gunter et al. toma en cuenta opciones didácticas que el jugador (estudiante) debe analizar, seleccionar y aprender de ellas para continuar jugando en el juego serio. A

continuación, se describen los nueve pasos del modelo de Gunter et al.:

**Paso 1:** Crear una situación que permita atrapar la atención del jugador (estudiante) por medio del uso de elementos dramáticos en el juego serio.

**Paso 2:** Describir en detalle la opción didáctica próxima que se ofrecerá al jugador para asegurar que el significado didáctico de la misma sea comunicado al jugador de manera adecuada.

**Paso 3:** Dar a conocer el estado del juego serio y de la instrucción al principio de la opción didáctica. De manera adicional, asegurar que la opción sea soportada por otras opciones.

**Paso 4:** Determinar cómo la opción didáctica va a ser presentada al jugador en el contexto del juego y determinar los objetivos de aprendizaje de dicha opción.

**Paso 5:** Extrapolar cómo el jugador llegará a una opción didáctica y guiarlo durante la selección de la opción y guiarlo en la adquisición del conocimiento con respecto a esa opción.

**Paso 6:** Determinar las consecuencias de cada opción didáctica y cómo van a impactar en la instrucción.

**Paso 7:** Determinar cuál es la mejor manera de apoyar al jugador para que éste escoja la mejor opción didáctica y cómo apoyarlo para que aprenda mejor de sus errores.

**Paso 8:** Describir cómo el escoger una opción afectará la evaluación de los objetivos de aprendizaje y describir cómo esta evaluación va a ser comunicada al jugador.

**Paso 9:** Describir cómo se relaciona cada opción con otras opciones que refuerzan una lección y cómo probarán la transferencia de conocimiento.

### **12.3.2. Juegos serios y educación**

Los juegos serios pueden ser una herramienta didáctica útil que apoyen de manera importante a la enseñanza de una o más áreas del conocimiento o entrenamiento, ya que pueden ofrecer una experiencia rica en información a los estudiantes, demostrando modelos o llevando a cabo simulaciones multi-sensoriales, haciendo uso de una combinación de elementos visuales, auditivos, táctiles y más recientemente olfatorios, para de esta forma proveer inmersión. La inmersión es una sensación pisco-fisiológica que experimentan los estudiantes de sentirse adentro de un ambiente virtual generado por ciertos juegos serios (Zyda 2005). Los juegos serios pueden proveer de un ambiente seguro y controlado donde el estudiante puede aprender de sus errores en situaciones que difícilmente se podrían realizar en un contexto educativo real, como por ejemplo en un

laboratorio (Susi, Johannesson, y Backlund 2007). Una característica especial de los juegos serios es que son interactivos, permitiendo a los estudiantes seleccionar opciones de aprendizaje, aplicar conocimientos aprendidos en el juego y reflexionar lo llevado a cabo en el mismo (Wouters et al. 2013), donde sus interfaces gráficas pueden proveer de información de retroalimentación (*feedback*) de acuerdo a las interacciones de los estudiantes. Esto es, apoyado por teorías educativas constructivistas donde los estudiantes aprenden haciendo, con actividades y opciones que los motive a seguir adelante en el juego serio y relacionando conocimiento previamente adquirido con conocimiento nuevo (Squire 2008).

#### **12.4. Caso de estudio: Grimaldo, juego serio para aprender a evaluar usabilidad en videojuegos**

Evaluar la usabilidad de tecnología es un factor clave para aumentar sus probabilidades de éxito, ya que asegura que la población objetivo pueda interactuar de manera tan eficiente como sea posible con el software. Los métodos de evaluación de usabilidad varían dependiendo del software a evaluar, pero en el caso de los videojuegos se requieren pruebas con características especiales, lo que resulta más complicado. Si hablamos de juegos serios se agrega una capa adicional de complejidad ya que se utilizan con fines de capacitación, y entrenamiento.

El grupo de investigación IHCLab de la Facultad de Telemática (FT) en la Universidad de Colima (UCOL), propuso una metodología para evaluar la usabilidad en juegos serios (Santana-Mancilla, Gaytán-Lugo, y Rodríguez-Ortiz 2016), basándose en su experiencia en el uso de estos desde 2010, dicha metodología fue llamada “Prueba de Usabilidad para Juegos Serios del IHCLab”, de forma corta: IHCLab UTSG (*IHCLab Usability Test for Serious Games*).

Con la finalidad de llevar la metodología IHCLab UTSG a las aulas, se desarrolló un juego serio para lograr el aprendizaje de cómo aplicar la metodología para evaluar la usabilidad en videojuegos.

El juego serio desarrollado se denominó “Grimaldo”, se trata de un videojuego de plataforma en 2D, los escenarios del juego recrean el campus de la UCOL donde se encuentra la FT (Figura 12-1). La historia consiste en que el personaje principal de juego es un estudiante de la FT que va tarde a sus clases, para lograr llegar a tiempo debe esquivar varios obstáculos que le harán complicada su llegada a clases. Para completar correctamente su misión debe lograr dos tareas: 1) Recolectar 50 monedas; y 2) Hacer el recorrido en 60 segundos o menos.



**Figura 12-1.** Juego serio “Grimaldo”.

### **12.4.1. Objetivo**

La Facultad de Telemática, de la UCOL ha adoptado el modelo basado en competencias de acuerdo al modelo curricular de la institución (Santana et al. 2015). Para cumplir con el objetivo de que los estudiantes adquieran las competencias necesarias para su formación, se ha implementado el enfoque con base en proyectos en sus dos programas de licenciatura: Ingeniería en Software e Ingeniería en Telemática. Cada semestre, el conjunto total de materias que van a cursar los alumnos se unen para proponer un Proyecto Integrador, con el objetivo de que los alumnos logren, por medio del desarrollo de este proyecto, la construcción de los conocimientos necesario para la adquisición de las competencias de sus cursos universitarios, ya que durante el proceso de solución se desarrollan las posibilidades de identificación de interrelacionar conceptos, habilidades y valores

inherentes al proceso de aprendizaje de forma independiente y constructiva (Ordaz Carrillo et al. 2017).

Durante el periodo escolar Febrero-Agosto de 2018, a los alumnos de 6to semestre de la carrera de Ingeniería en Telemática se les asignó un Proyecto Integrador para diseñar y desarrollar un juego ubicuo para dar solución a alguna problemática social. Para apoyarlos con la obtención de competencias relacionadas a su proyecto, se preparó un diplomado en diseño y desarrollo de juegos ubicuos, dicho diplomado contó con el módulo “Evaluación de la experiencia del usuario”, en el cual se les enseñó a los estudiantes la metodología IHCLab UTSG. Al finalizar el módulo, los estudiantes fueron a realizar evaluación de usabilidad con el juego “Grimaldo”, a continuación, se presentan los detalles de la evaluación realizada por uno de los equipos de estudiantes participantes en el diplomado.

#### **12.4.2. Metodología**

La evaluación IHCLab UTSG, es una evaluación de tipo sumativa, pues se enfoca en evaluar juegos ya terminados, y debe llevarse a cabo en un laboratorio o un espacio acondicionado especialmente para ese propósito. Con esta configuración, es posible realizar la evaluación a todos los participantes al mismo tiempo, La muestra de usuarios recomendada es de 5-20 jugadores participantes por evaluación. La sesión de la prueba debería durar entre 60 y 90 minutos, dependiendo del juego a evaluar, y la prueba se divide en las siguientes fases:



- Fase 1:** El moderador abre la sesión con una introducción de 10 minutos y aplica un cuestionario general para caracterizar a los participantes.
- Fase 2:** Se realiza una demostración del videojuego; este demo debe mostrar a los participantes las características y funcionalidades del juego. El propósito de esta demostración es enseñar los controles del juego a los jugadores.
- Fase 3:** A los participantes se les da una lista de tareas a cumplir dentro del juego y ellos las realizan.
- Fase 4:** El equipo de evaluación proporciona tres cuestionarios para recabar las opiniones de los participantes: a) Heurísticas de juego; b) Cuestionario de la experiencia de juego; y c) Uso de videojuegos para el aprendizaje

Los cuestionarios fueron diseñados de manera que pudieran ser aplicados a videojuegos tradicionales además de solo juegos serios, obteniendo como resultado un cuestionario de heurísticas con preguntas como: “¿El videojuego le mostró una reacción coherente dependiendo de la acción que realizó?”, “¿Pudo encontrar una conducta predecible y razonable de los controles?”, y “¿El videojuego le proporcionó información acerca de acciones a realizadas?”.

Por otra parte, el cuestionario de experiencia de juego fue dividido en dos dimensiones: la primera consiste en cuatro preguntas en las que los participantes dan una calificación del 1 al 10 (siendo 10 la calificación más significativa), y la segunda, se comprende de siete preguntas que se evalúan con la escala 5 de *Likert*. Los factores evaluados en este cuestionario son: eficiencia, efectividad, inmersión, motivación, emoción, flujo y curva de aprendizaje.

Finalmente, el cuestionario de uso para el aprendizaje evalúa la percepción del usuario sobre el juego y su uso para fines de aprendizaje utilizando dos preguntas: a) ¿Cómo te sientes utilizando el juego?; y b) ¿Te sientes motivado a utilizar un juego así para propósitos educativos?

### **12.4.3. Participantes**

Los estudiantes participantes en este caso de estudio fueron cinco, el 100% eran estudiantes del sexto semestre de la Ingeniería en Telemática, con un promedio de edad de 23 años (min. 21, máx. 25).

Dichos estudiantes, para completar su formación en evaluación de usabilidad a juegos serios, utilizaron el juego serio “Grimaldo” para evaluar su usabilidad de forma práctica. Consiguieron una muestra de cinco estudiantes para realizarlo, con edades entre 19-22 años, todos ellos estudiantes de nivel superior. El 100% ha tenido experiencia previa jugando videojuegos, de los cuales el 60% lo hace ocasionalmente y el resto de manera habitual. En esta actividad

invierten un promedio de 1-2 horas al día, jugando principalmente en sus casas con consolas y PC, el 60% juega solo. El 80% han usado los videojuegos para aprender de algún tema en particular. Los resultados de esta evaluación, fueron altamente positivos y se encontraron áreas de mejora en los temas de personalización de controles y opciones para saltar contenidos no *jugables* como videos y animaciones.

El objetivo de este caso de estudio es obtener evidencia de que los estudiantes del diplomado adquirieron las competencias requeridas para aprender a evaluar la usabilidad en juegos serios, la Figura 11-2 muestra un estudiante guiando la prueba de usabilidad de una participante.



**Figura 12-2.** Participante del diplomado guiando una prueba de usabilidad a un juego serio.

#### 12.4.4. Resultados

Como se mencionó previamente, la muestra fue de cinco estudiantes, los cuales son los miembros de un equipo que participó en el diplomado.

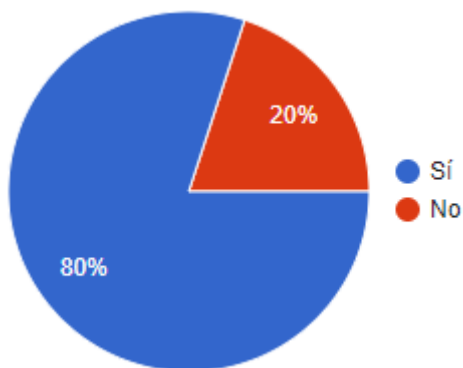
Para medir la efectividad de utilizar un juego serio para adquirir las competencias necesarias requeridas para completar su proyecto integrador, se diseñó un cuestionario para conocer la opinión de los estudiantes sobre su percepción con el uso de juegos serios para adquirir competencias de nivel superior. La Tabla 12-1, muestra el cuestionario, el cual se ha estado usando en nuestro grupo de investigación con el propósito de validarlo y validar la percepción de los estudiantes.

Pregunta	Opciones de respuesta
¿Piensa que aprendió suficiente sobre "Evaluación de Usabilidad en Videojuegos" por medio del uso de un juego serio?	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No
¿Considera que el conocimiento sobre "Evaluación de Usabilidad en Videojuegos" hubiera sido el mismo, menor o mayor sin usar un juego serio?	<input type="checkbox"/> Menor <input type="checkbox"/> Igual <input type="checkbox"/> Mayor
Sobre la afirmación "Asistiría a otros cursos que usen juegos serios como herramientas de aprendizaje" ¿usted está?	<input type="checkbox"/> De acuerdo <input type="checkbox"/> Neutral <input type="checkbox"/> No estoy de acuerdo
En general, ¿disfrutó usar un juego serio	<input type="checkbox"/> Sí

<b>como herramienta de aprendizaje?</b> <b>Explique su respuesta anterior</b>	<input type="checkbox"/> No  Abierta, para la explicación.
<b>¿Encontró algún problema, dificultad o frustración en general mientras usaba el juego serio como herramienta de aprendizaje? Si los encontró, liste los problemas</b>	<input type="checkbox"/> Sí <input type="checkbox"/> No  Abierta, para la lista de problemas.
<b>Si pudiera mejorar la experiencia al usar un juego serio en el aprendizaje de "Evaluación de Usabilidad en Videojuegos", ¿qué cambiaría?</b>	Abierta.

**Tabla 12-1.** Cuestionario sobre la percepción de los estudiantes con el uso de juegos serios para el aprendizaje.

El 80% de los estudiantes piensan que aprendieron lo suficiente sobre evaluación de usabilidad en videojuegos usando un juego serio (Figura 12-3).



**Figura 12-3.** Porcentaje de estudiantes que piensan aprendieron lo suficiente sobre el tema estudiado.

En la pregunta sobre cómo consideraban que el aprendizaje hubiera sido si no usarán un juego serio, el 100% consideró que el conocimiento adquirido hubiera sido menor. Adicionalmente, todos los participantes mencionaron que asistirían a más cursos que utilicen juegos serios como herramientas de aprendizaje.

Respecto a si ellos disfrutaron usar un juego serio como herramienta de aprendizaje, el 80% de los estudiantes disfrutó hacerlo. A continuación, se mencionan los comentarios positivos al respecto:

*“El utilizar juegos en el aprendizaje siempre lo hace más interesante.”*

*“Las dinámicas que se emplean (en un juego serio) suelen mantenernos enfocados por consiguiente se dedica más tiempo y se aprende más.”*

*“Porque creo que implementando esta nueva herramienta es más fácil y entretenido aprender algún tema.”*

*“Es menos pesado aprender cuando la enseñanza es interactiva.”*

El 20% restante piensa que al juego serio “le falta de una retroalimentación personalizada para poder asegurar que el usuario comprendió la enseñanza”.

Al preguntarles sobre los problemas, dificultades o frustraciones encontradas durante el uso del juego serio, el 60% dijo que no encontró y al preguntarle al 40% sobre los problemas encontrados, un estudiante mencionó:

*“Al momento de desarrollar un videojuego serio es difícil delimitar hasta qué punto podemos expandir la temática del juego o en ciertos puntos limitar lo que se puede y no hacer.”*

Finalmente, los estudiantes hicieron sugerencias para mejorar la experiencia:

*“La manera de confirmar que sí se aprende desde el mismo juego o jugabilidad del videojuego.”*

*“Desarrollar distintos niveles para facilitar la adaptación, atendiendo a los diferentes ritmos de aprendizaje.”*

## **12.5. Conclusiones**

Los resultados encontrados en este caso de estudio muestran una percepción positiva por parte de los estudiantes sobre la eficacia del uso de juegos serios para desarrollar competencias en educación superior.

El uso de juegos serios en el aprendizaje provee una forma agradable de adquirir conocimiento, además de proporcionar retos que

deben ser superados por los jugadores (estudiantes) para adquirir los conocimientos.

Adicionalmente, evaluar la usabilidad en videojuegos es una competencia que es muy importante para la formación de nuestros estudiantes, los resultados de este estudio demuestran que el juego serio “Grimaldo” es una herramienta educativa que permite a los estudiantes aprender y desarrollar habilidades con la metodología IHCLab UTSG, diseñada especialmente para este propósito.

## **12.6. Agradecimientos**

Los autores desean agradecer a los alumnos Ramón Moreno, Demis Rincón, Christian Magallón, Luis Jauregui, Erick Juárez y Rodolfo Valdovinos por su participación en el caso de estudio, así como al Mtro. Francisco Lepe quién coordinó el Diplomado en Juegos Ubicuos. Nuestro agradecimiento también para Alejandro Santarrosa y Alex Medina por el diseño y desarrollo de “Grimaldo”.

## **12.7. Referencias**

Abt, Clark C. 1987. Serious games. Lanham, MD: University Press of America.

Argudín, Y. (2001). Educación basada en competencias. Revista Magistralis, 8. Recuperado desde:  
<http://repositorio.iberopuebla.mx>



- Bellotti, F., B. Riccardo, A. De Gloria, y L. Primavera. 2009. «Adaptive experience engine for serious games». IEEE Transactions On Computational Intelligence and AI in Games 1 (4): 264-80.
- Esposito, Nicolas. 2005. «A Short and Simple Definition of What a Videogame Is». En Proceedings of DiGRA 2005 International Conference: Changing Views: Worlds in Play. Vancouver, Canada: Digital Games Research Association.
- Freitas, Sara de, y Fotis Liarokapis. 2011. «Serious Games: A New Paradigm for Education?» En Serious Games and Edutainment Applications, editado por Minhua Ma, Andreas Oikonomou, y Lakhmi C. Jain, 9-23. London: Springer London.
- Fullerton, Tracy, Christopher Swain, Steven Hoffman, y Katherine Isbister. 2009. Game Design Workshop: A Playcentric Approach to Creating Innovative Games. Amsterdam; London: Morgan Kaufmann.
- Gagné, Robert M., ed. 1987. Instructional technology: foundations. Hillsdale, N.J: L. Erlbaum Associates.
- Gunter, G, R F Kenny, y E H Vick. 2006. «A case for a formal design paradigm for serious games». The Journal of the International Digital Media and Arts Association 3 (1): 93-105.

- Huotari, Kai, y Juho Hamari. 2012. «Defining Gamification: A Service Marketing Perspective». En Proceeding of the 16th International Academic MindTrek Conference on - MindTrek '12, 17. Tampere, Finland: ACM Press.
- Irigoyen, J. J., Jiménez, M. Y., & Acuña, K. F. (2011). Competencias y educación superior. *Revista mexicana de investigación educativa*, 16(48), 243-266.
- Johannes S. Breuer, y Gary Bente. 2010. «Why so serious? On the relation of serious games and learning». *Eludamos. Journal for Computer Game Culture* 4 (1): 7-24.
- Laamarti, Fedwa, Mohamad Eid, y Abdulmotaleb El Saddik. 2014. «An Overview of Serious Games». *International Journal of Computer Games Technology* 2014: 1-15.  
<https://doi.org/10.1155/2014/358152>.
- Okan, Zuhail. 2003. «Edutainment: Is Learning at Risk?» *British Journal of Educational Technology* 34 (3): 255-64.  
<https://doi.org/10.1111/1467-8535.00325>.
- Ordaz Carrillo, Antonio, Ricardo Acosta Díaz, Juan Jose Contreras Castillo, Carlos Alberto Flores Cortes, y Herminia Ruvalcaba Flores. 2017. *Desarrollo de competencias para ingeniería*. Folia Universitaria. Guadalajara, Mexico: Universidad Autónoma de Guadalajara.

- Posada Álvarez, R. (2004). Formación superior basada en competencias, interdisciplinariedad y trabajo autónomo del estudiante. *Revista iberoamericana de educación*, 35(1), 1-33.
- Santana, Pedro Cesar, Francisco Jonathan Gonzalez, Miguel Angel Garcia, Antonio Ordaz, y Martha Alicia Magana. 2015. «Social Cloud Computing: an Opportunity for Technology Enhanced Competence Based Learning». *IEEE Latin America Transactions* 13 (1): 353-58
- Santana-Mancilla, Pedro Cesar, Laura Sanely Gaytán-Lugo, y Miguel Angel Rodríguez-Ortiz. 2016. «Usability Testing of Serious Games: The Experience of the IHCLab». En *Games User Research: A Case Study Approach*, 271-83. CRC Press.
- Squire, Kurt D. 2008. «Video Game–Based Learning: An Emerging Paradigm for Instruction». *Performance Improvement Quarterly* 21 (2): 7-36
- Stapleton, Andrew J. 2004. «Serious games: Serious opportunities». En *Australian Game Developers' Conference*. Melbourne, Australia.
- Susi, Tarja, Mikael Johannesson, y Per Backlund. 2007. «Serious Games: An Overview». diva2:2416. IKI Technical Reports. Skövde: Institutionen för kommunikation och information. <http://www.diva->

portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A2416&dswid=-6680.

Universidad de Colima. 2014. Modelo Educativo: Plan Institucional 2014-2017. Recuperado desde <http://www.ucol.mx>

Wouters, Pieter, Christof van Nimwegen, Herre van Oostendorp, y Erik D van der Spek. 2013. «A meta-analysis of the cognitive and motivational effects of serious games». *Journal of Educational Psychology* 105 (2): 249-65.

Zyda, M. 2005. «From Visual Simulation to Virtual Reality to Games». *Computer* 38 (9): 25-32.

## **Capítulo 13**

### **Retos y Perspectivas**

Luis A. Castro, Instituto Tecnológico de Sonora (ITSON)

Marcela D. Rodríguez, Universidad Autónoma de Baja California (UABC)

#### **13.1. Retos**

Realizar investigación en el área de IHC tiene ciertamente muchos retos. Algunos de ellos se centran en la aparición constante de nuevas tecnologías y servicios, las cuales pueden moldear la naturaleza misma del ser humano. Por ejemplo, mucho se ha discutido acerca de cómo las nuevas tecnologías de la información y comunicación han afectado los periodos de atención focalizada que puede tener un humano. Estos cambios son factibles de ser observados entre generaciones. Aquellos que crecieron y sus cerebros se desarrollaron en un contexto tecnológico distinto al de las nuevas generaciones pueden tener cambios estructurales del cerebro.

Esto, sin duda representa un reto para la investigación y puesta en práctica de IHC debido a que las teorías existentes y futuras se tienen que estar revisando de manera continua. Además, las tecnologías se tienen que estar repensando para que el diseño de las tecnologías permanezca pertinente.

Otro de los retos es que muchas de las teorías y de la literatura se originan en centros urbanos, y en gran medida en el hemisferio norte del planeta. Esto significa que es posible que muchas de las características particulares de naciones, regiones geográficas, o grupos étnicos pasen desapercibidas. Debido a esto, se tienen que redoblar esfuerzos para poblar la literatura de estudios que se realicen en el hemisferio sur del planeta, donde curiosamente se encuentran muchos países de los considerados en vías de desarrollo, incluido México.

Para México y América Latina estos retos mencionados se duplican ya que la masa crítica para estudiarlos y ofrecer soluciones a problemas de corte regional o global es muy diluida en comparación con las naciones industrializadas. La comunidad académica en México y América Latina está en constante crecimiento, pero no ha sido a la par de las universidades y centros de investigación localizados en los países del hemisferio norte, lo cual ofrece un panorama desafiante para ofrecer literatura y soluciones.

### **13.2. Perspectivas futuras**

Las perspectivas futuras del área apuntan hacia una mayor integración del humano y las computadoras, donde en muchos casos las actividades que desarrollen unos u otros serán complementarias aprovechando cada uno de las ventajas del otro.

Más allá de hablar de interacción entre un humano y una computadora (derivado en parte del paradigma de la computación

personal), se requiere habla de la integración de ambas entes (Farooq & Grudin, 2016). Esta integración ofrece una visión más holística de la convivencia entre el humano y las computadoras, sobre todo si se piensa en una perspectiva más amplia donde las computadoras cada vez más se integran socialmente en los ambientes humanos, a través de raciocinio e inteligencia, así como habilidades sociales. Esta integración permitirá un mejor aprovechamiento de los recursos.

### **13.3. Referencias**

Farooq, U., & Grudin, J. (2016). Human-computer integration. *Interactions*, 23(6), 26-32. doi: 10.1145/3001896

Interacción Humano-Computadora y Aplicaciones en México

se terminó el 30 septiembre de 2019.

A partir de 1 de diciembre de 2019 está disponible en formato PDF en la  
página de la Academia Mexicana de Computación:

<http://www.amexcomp.mx>